



El Grupo Guadalupe en el Páramo del Rajadero, Choachí.

# ESTRATIGRAFIA Y FACIES DEL GRUPO GUADALUPE <sup>1</sup>

GILDARDO PÉREZ <sup>2</sup> Y ARMANDO SALAZAR <sup>3</sup>

## CONTENIDO

- I. INTRODUCCION
  - A - *Objetivo.*
  - B - *Metodología.*
- II. REVISION ESTRATIGRAFICA
- III. FORMACION ARENISCA DURA
  - A - *Descripción Estratigráfica.*
    - 1. Sección Tipo.
    - 2. Sucesión litológica.
  - B - *Descripción Petrográfica.*
    - 1. Areniscas.
      - a. Textura.
      - b. Composición.
    - 2. Rocas asociadas.
  - C - *Características Especiales.*
  - D - *Figuras y Estructuras Sedimentarias Inorgánicas.*
    - 1. En las areniscas.
      - a. Estructuras externas.
      - b. Estructuras internas.
    - 2. En las limolitas, arcillolitas, lodolitas y liditas.
      - a. Estructuras externas.
      - b. Estructuras internas.

---

<sup>1</sup> Trabajo final presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Geólogo. Manuscrito recibido: diciembre de 1973.

<sup>2</sup> Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Dirección actual: Empresa Colombiana de Petróleos, Bogotá.

<sup>3</sup> Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

3. Significado hidrodinámico de las estructuras.
4. Paleocorrientes.

E - *Estructuras Sedimentarias Biogénicas.*

1. Ocurrencia.
2. Evaluación.

F - *Fauna y Edad.*

G - *Facies.*

IV. FORMACION PLAENERS

A - *Descripción Estratigráfica.*

1. Sección Tipo.
2. Sucesión litológica.

B - *Descripción Petrográfica.*

C - *Estructuras Sedimentarias Inorgánicas.*

1. Estructuras internas.
2. Significado hidrodinámico de las estructuras.

D - *Estructuras Sedimentarias Biogénicas.*

E - *Fauna y Edad.*

F - *Facies.*

V. FORMACION ARENISCA DE LABOR

A - *Descripción Estratigráfica.*

1. Sección Tipo.
2. Sucesión litológica.

B - *Descripción Petrográfica.*

1. Areniscas.
  - a. Textura.
  - b. Composición.
2. Rocas asociadas.

C - *Características Especiales.*

D - *Figuras y Estructuras Sedimentarias Inorgánicas.*

1. En las areniscas.
  - a. Estructuras externas (figuras).
  - b. Estructuras internas.
2. En las lodolitas, limolitas y arcillolitas.
  - a. Estructuras externas (figuras).
  - b. Estructuras internas.
3. Significado hidrodinámico de las estructuras.
4. Paleocorrientes.

E - *Estructuras Sedimentarias Biogénicas.*

1. Ocurrencia.
2. Evaluación.

F - *Fauna y Edad.*

G - *Facies.*

VI. FORMACION ARENISCA TIERNA

A - *Descripción Estratigráfica.*

1. Sección Tipo.
  2. Sucesión litológica.
- B - Descripción Petrográfica.**
1. Areniscas.
    - a. Textura.
    - b. Composición.
    - c. Compactación y color.
  2. Rocas asociadas.
- C - Características Especiales.**
- D - Figuras y Estructuras Sedimentarias Inorgánicas.**
1. En las areniscas.
    - a. Estructuras externas.
    - b. Estructuras internas.
  2. En limolitas, lodolitas y arcillolitas.
    - a. Estructuras internas.
  3. Significado hidrodinámico de las estructuras.
  4. Paleocorrientes.
- E - Estructuras Sedimentarias Biogénicas.**
1. Ocurrencia.
  2. Evaluación.
- F - Fauna y Edad.**
- G - Facies.**

## VII. ANALISIS AMBIENTAL Y TECTOSEDIMENTOLOGIA DEL GRUPO GUADALUPE

### BIBLIOGRAFIA

#### ANEXO I

#### ANEXO II

#### GLOSARIO

#### TABLAS

1. Estructuras sedimentarias inorgánicas en la Arenisca Dura.
2. Estructuras sedimentarias inorgánicas en los Plaeners.
3. Estructuras sedimentarias inorgánicas en la Arenisca de Labor.
4. Estructuras sedimentarias inorgánicas en la Arenisca Tierna.
5. Distribución porcentual de las litologías en las diferentes formaciones.
6. Distribución de Paleocorrientes en el Grupo Guadalupe.

#### FIGURAS

1. Mapa de localización del área.
2. Sección tipo de la Formación Arenisca Dura.
3. Columna estratigráfica de la Arenisca Dura.
4. Columna estratigráfica de los Plaeners.
5. Columna estratigráfica de la Arenisca de Labor.
6. Columna estratigráfica de la Arenisca Tierna y techo de la Arenisca de Labor.
7. Comparación granulométrica de las areniscas del Grupo Guadalupe.

8. Distribución y frecuencia de componentes particulares de las rocas del Grupo Guadalupe.
9. Distribución y abundancia de estructuras sedimentarias inorgánicas en el Grupo Guadalupe.
10. Mapa de paleocorrientes.
11. Distribución estratigráfica cualitativa de la ichnofauna del Grupo Guadalupe.
12. Principales características de los ichnofósiles del Grupo Guadalupe.
13. Distribución batimétrica de las comunidades ichnofósiles.
- 14-a Esquema idealizado de una llanura de marea.
- 14-b Mecanismo de sedimentación vertical y lateral en una llanura de marea.

## LAMINAS

- 1-5. Arenisca Dura.
6. Plaeners.
- 7-10. Arenisca de Labor.
- 11-15. Arenisca Tierna.
- 16-28. Anexo I.
- 29-32. Anexo II.

## CUADROS

1. Nomenclatura Estratigráfica según diferentes autores.

## RESUMEN

En el área de Bogotá el Grupo Guadalupe (Campaniano? - Maestrichtiano inferior), con una potencia de 750 m., está integrado por cuatro formaciones, de base a techo, Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna. Consta de areniscas intercaladas rítmicamente con limolitas, arcillolitas, lodolitas y a veces liditas, íntimamente interestratificadas o interlaminaadas, o con bancos individuales de cada una de estas litologías.

Su depósito tuvo lugar, en forma alternante, en un ambiente litoral y sublitoral más interior, enmarcado fisiográficamente en una llanura de marea con características litológicas, inorgánicas y biológicas bien definidas. Dentro de este ambiente la Arenisca Dura constituye un depósito de llanuras de arena y llanuras de sedimentos mezclados con intervalos esporádicos de sedimentación lodosa. El depósito de los Plaeners representa un intervalo de sedimentación lodosa, mucho mayor y más uniforme que aquellos de la Arenisca Dura. En el depósito de la Arenisca de Labor la sedimentación en llanuras mezcladas y canales fue muy importante; esta última es predominante en la mayor parte de la Arenisca Tierna con suministro de material más grueso y consiguiente aumento en las condiciones energéticas del medio.

La secuencia se depositó en una cuenca sometida a subsidencia moderada, y el levantamiento relativo del continente determinó la regresión marina a comienzos de la sedimentación arcillosa predominante de la Formación Guadalupe.

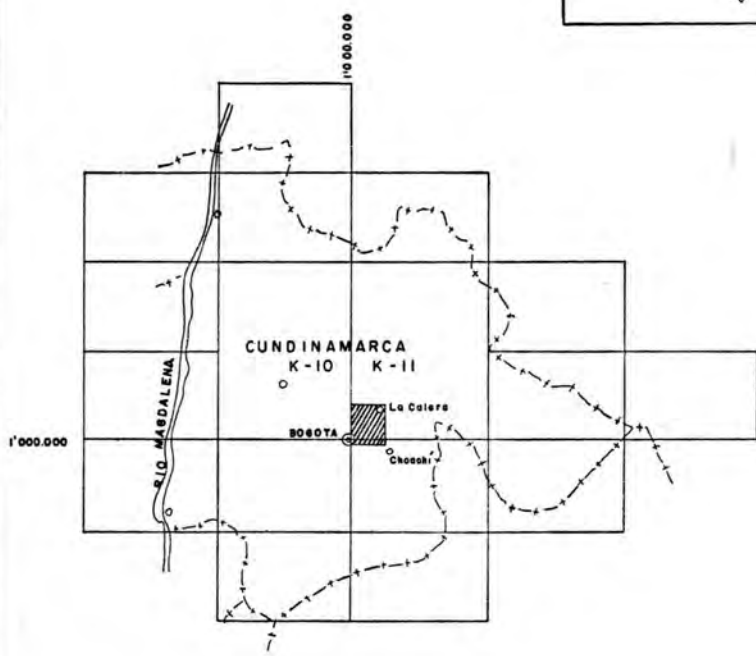


Fig. 1 A Mapa de Localización del área.

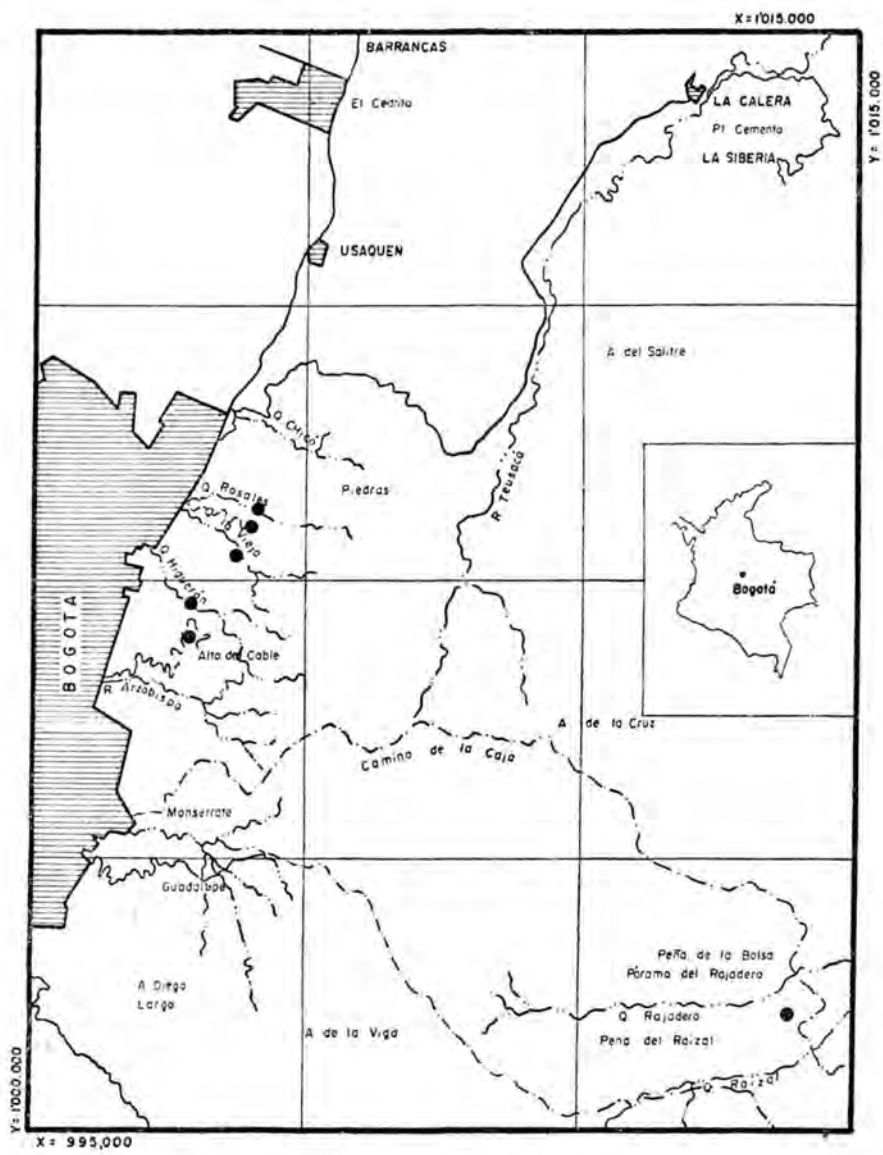


Fig. 1 B Localización del área y secciones estratigráficas estudiadas.

LEYENDA

- Localización sección estratigráfica
- Corretera
- - - Correteable
- · - · - Camino
- ~ ~ ~ Quebrada

## I—INTRODUCCION

### A - OBJETIVO

En el presente trabajo se revisa la estratigrafía del Grupo Guadalupe (Cretáceo Superior), la cual ha sido tema de numerosas controversias, y se hace un estudio macroscópico facial, basado fundamentalmente en el análisis de las estructuras sedimentarias.

Hasta el presente no existen estudios de los sedimentos del Guadalupe en estos términos y, en general, los trabajos sedimentológicos son muy limitados: JULIVERT (1962), ZAMARREÑO DE JULIVERT (1962) y AALTO (1972).

El trabajo de campo se realizó tomando como base la cartografía de UJUETA (1961), durante 110 días (mayo a agosto de 1973), e incluyó el levantamiento de seis columnas estratigráficas y el estudio de diversos afloramientos en busca de estructuras sedimentarias.

El área estudiada tiene como límite el Cerro de Guadalupe y el Páramo del Rajadero (Km. 21 de la carretera Bogotá-Choachí) al sur; la vereda Barrancas (N. de Usaquén) y La Calera, al norte; la base topográfica corresponde a las planchas 228-III-A-3, 4; 228-III-CI a C4, y 247-I-A-I- y A-2, a escala 1: 10.000 del I.G.A.C. (Fig. 1).

Los autores agradecen al doctor Fabio Cediél (Universidad Nacional) por la proposición y asesoría del tema desarrollado; al doctor Francis Coumes (Aquitaine Colombie) por sus discusiones y valiosa ayuda en el campo; a la geóloga Diana Gutiérrez (Ingeominas) por el estudio de la fauna y, en general, a todas aquellas personas que con sus discusiones o escritos contribuyeron al feliz término del trabajo. También expresan su gratitud al Departamento de Geología de la Universidad Nacional; a Aquitaine Colombie por su cooperación Económica; al CEMAV de la Universidad Nacional, y en especial a sus técnicos R. Farfán y R. Ramírez, y finalmente a los geólogos Jairo Leal y Kurt Bayer, y a Carmen Prince por su colaboración en diferentes aspectos.

Los resultados de esta investigación se presentaron al Departamento de Geología de la Universidad Nacional para optar al título de Geólogo.

### B - METODOLOGIA

El estudio detallado de un grupo de rocas requiere el empleo de una metodología de campo que, en forma rápida y sistemática, recoja todas las propiedades sedimentarias de la sucesión, permita visualizarla y posteriormente encontrar sus rasgos característicos, y aquellos que den bases para la interpretación sedimentológica.

El método de registro gráfico de las propiedades sedimentarias a investigar en el campo, propuesto por BOUMA (1962) y STANLEY and



BOUMA (1963), representa uno de los mejores, elaborados para tales fines. En el presente trabajo se ha seguido éste en sus delineamientos generales, con las modificaciones y adaptaciones necesarias para el caso (Figs. 3-6). Se han introducido algunas columnas adicionales: conjunto litológico, espesor del conjunto litológico, selección de las areniscas, y se señala además la ocurrencia de otros constituyentes de la roca tales como nódulos (pelitas fecales) o restos fosfáticos, materia orgánica carbonosa, guijas arcillosas, glauconita, minerales pesados, micas, "Hardgrounds" y porcentaje de capas de arcilla. La abundancia se especifica por tres líneas de diferente espesor: la fina nos indica que determinada característica es escasa o sólo está presente; la media, que es frecuente o común, y la gruesa, que es abundante.

En estructuras sedimentarias externas y fósiles la abundancia se representa por uno, dos o tres símbolos, respectivamente. Para las estructuras sedimentarias internas se señala solamente su ocurrencia por una línea gruesa. En la columna "Unidad", a = arenisca, b = limolita, c = arcillolita, d = lidita y m = interestratificaciones de materiales finos. El levantamiento de las columnas se hizo a una escala 1: 100, que permite cierto detalle, y los resultados se presentan a escala 1: 500 que da una mejor visualización de la sucesión.

Para las estructuras sedimentarias biogénicas se estableció fundamentalmente su orientación respecto al plano de estratificación: paralelos, perpendiculares o en todas direcciones. Se determinó en cada capa la intensidad de bioturbación y controló, hasta donde fue posible, la dispersión estratigráfica de cada estructura. Su clasificación se hizo primordialmente, según el esquema etológico de SEILACHER (in FREY, 1971), por ser el que condensa el mayor número de datos ambientales (Fig. 13, Glosario). No obstante, en la descripción de cada estructura se utilizaron otras: *descriptiva* (Modelo de A. S. HOROWITZ), *genética* y *toponómica*, condensadas en FREY (1971: 95-101).

La nomenclatura usada para los ichnofósiles es binaria y se utilizan términos admitidos en la literatura como formales; sin embargo, en las formas en donde no fue posible tal denominación se dan nombres informales, etológicos o genético-descriptivos.

## II — REVISION ESTRATIGRAFICA

KARSTEN (1858) describió las rocas del Guadalupe sin denominarlas; les atribuyó un espesor de unos 1.000 m. y las ubicó sobre las capas del Gault (Cretáceo Medio). Sin embargo, fue HETTNER (1892) el primero en denominar y ubicar estratigráficamente la secuencia como Piso de Guadalupe, comprendido entre el Piso del Villeta a la base y

el Piso del Guaduas al techo, con límites estratigráficos imprecisos. En 1926 STUTZER describió la unidad con el rango de formación sin introducir modificaciones apreciables.

No obstante, HUBACH (1931, 1933) considera el Guadalupe bajo la categoría de Piso y lo divide en un conjunto superior con los niveles de Areniscas Tiernas, Plaeners y Areniscas Duras, y un conjunto inferior arcilloso. Estratigráficamente lo ubicó bajo el Guaduas y sobre un nivel calizo que denominó conjunto de Chipaque. Posteriormente el mismo autor (1933, in HUBACH, 1957 a) eleva el Guadalupe al rango de Grupo con dos formaciones, el Guadalupe Superior constituido de base a techo por las Areniscas Duras, los Plaeners y la Arenisca Tierna, expuesto en la angostura del río San Francisco de Bogotá, y el Guadalupe inferior, arcilloso, expuesto en la hoya del río San Cristóbal. Más tarde y de manera formal (HUBACH, 1957 b) describe la unidad bajo el rango de formación con los conjuntos típicos introducidos en 1933, el superior constituido por tres horizontes, de base a techo, Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca de Labor, y Arenisca Tierna. Propone como límite inferior de la formación —aunque no ideal— el nivel calizo *Exogyra mermeti* COQUAND (*Exogyra squamata* D'ORBIGNY, 1842).

En 1959 BURGL propone una nueva nomenclatura estratigráfica para la Formación Guadalupe, constituida de techo a base por la Arenisca Tierna, los Plaeners Superiores, la Arenisca Dura, Plaeners y arcillas, Arenisca no denominada, Plaeners y Areniscas, Primera Lidita, Arenisca no denominada, Plaeners y Areniscas, y Segunda Lidita. En 1961 el mismo autor insinúa como división natural para empezar el Guadalupe en la región de Bogotá la Lidita Inferior o Segunda Lidita. La característica fundamental de la estratigrafía de BURGL es que hace coincidir los límites cronológicos con los litoestratigráficos.

En el mismo año (1961) la *Colombian Soc. Petr. Geol. Geoph.* (in JULIVERT, 1968) toma la estratigrafía de BURGL (1959, 1961) y con criterios litoestratigráficos más prácticos presenta la siguiente nomenclatura para la sucesión estratigráfica, de techo a base: Tierna Member, Upper Plaeners, Dura Member, Lower Plaeners, que contienen el Upper Chert o Lidita Superior, y Raizal Member, este último correspondiente a la Arenisca Dura de HUBACH. De esta manera se restringió la denominación de Formación Guadalupe para el Guadalupe Superior de HUBACH, criterio que prima actualmente.

De la estratigrafía propuesta por BURGL (op. cit.) y su adaptación hecha por la C.S.P.G.G., se advierte la aplicación errónea de la nomenclatura de HUBACH. En la sucesión propuesta por BURGL se utiliza, por ejemplo, el mismo nombre para designar porciones estratigráficas diferentes debido a espesores exagerados atribuidos en la Sabana a diferen-

tes conjuntos de la formación (JULIVERT, 1963: 14). La C.S.P.G.G., en la sección de Choachí y de acuerdo con BURGL, llama Dura Member a la correspondiente Arenisca de Labor de HUBACH (1957 b).

UJUETA (1961) toma la nomenclatura de HUBACH (1957 b) y la modifica al considerar, dentro del Guadalupe Superior, los Plaeners y la Arenisca de Labor como dos horizontes diferentes.

Más tarde JULIVERT (1962 a, 1962 b, 1963 a, 1968) considera la Formación Guadalupe, en el sentido de la C.S.P.G.G. (1961), con la siguiente nomenclatura informal: de base a techo, Arenisca Dura, nivel de Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna; admite, además, como formal la denominación de Miembro del Raizal (C.S.P.G.G., 1961) para lo que él llama informalmente Arenisca Dura, y establece una equivalencia nomenclatural entre las dos sucesiones estratigráficas (JULIVERT, 1963: Fig. 3).

RENZONI (1962, 1968) eleva el Guadalupe al rango de Grupo constituido de base a techo por las Formaciones Arenisca Dura, Plaeners, y Labor y Tierna, según la nomenclatura de HUBACH, que no modifica por considerarla muy arraigada en la literatura geológica del país.

No obstante McLAUGHLIN y ARCE (1969) en el mapa geológico del cuadrángulo K11, utilizan aún la subdivisión de Formación Guadalupe Superior y Formación Guadalupe Inferior.










De este esbozo histórico se deduce que en los últimos años se han utilizado simultáneamente tres nomenclaturas diferentes para el Guadalupe: JULIVERT (1968), RENZONI (1968), McLAUGHLIN & ARCE (1969). Los autores están de acuerdo con el rango de Grupo propuesto por RENZONI (1962) para el Guadalupe Superior de HUBACH (1957). La aceptación como formal de la denominación de Miembro del Raizal (C.S.P.G.G., 1961), según insinuación de JULIVERT (1962-1968), es discutible ya que la unidad no está definida ni descrita claramente y no se da espesor de la sección tipo (JULIVERT, 1968: 475, 476).

En el presente trabajo se modifica ligeramente la nomenclatura propuesta por RENZONI (1962, 1968) al considerar el Grupo Guadalupe dividido en cuatro formaciones que cumplen con los requisitos fundamentales del Código de Nomenclatura Estratigráfica. De base a techo son:

- Formación Arenisca Dura;
- Formación Plaeners;
- Formación Arenisca de Labor;
- Formación Arenisca Tierna.

Esta nomenclatura puede considerarse formal, y se utilizan los nombres tradicionales a fin de evitar la confusión que implicaría cambiar términos muy arraigados en la literatura geológica colombiana.

LITOLOGIA

	Arenisca limpia		Limolita arcillosa
	Arenisca levemente arcillosa		Argillolita
	Arenisca arcillosa		Lidita
	Arenisca muy arcillosa		Int. de limolita lodolita y argillolita.
	Limolita		




CONTACTOS

	Piano :
	muy abrupto
	abrupto
	transición gradual rápida (0-5 cm.)
	" " " " (0-5 - 1-0 cm.)
" " " " lenta	
Ondulado con las divisiones anteriores	
Irregular " " " "	

FIGURAS DEL PLANO DE ESTRATIFICACION

	Megaóndulo
	Ondulita simétrica
	" " asimétrica
	" " de interferencia
	Turboglyfo
	Molde de acanaladura
	Molde de rebote
	" " espigado
	FronDESCENTE
	Canaliculo
	Ichnofósil en todas direcciones
	" " paralelo
	" " perpendicular.

FOSILES

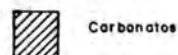
	Fósiles en general
	Fragmentos "
	" " de conchas
	Escamas
	Espículas
	Foraminíferos
	Restos de peces
	Lamelibranquios

COLOR

Bl:	bianco
Gr:	gris
Ne:	negro
Pdo:	pardo
Vd:	verdoso
GC:	gris claro
GO:	gris oscuro
GA:	" azuloso
PA:	pardo amarillento.
PR:	pardo rojo.

SELECCION

B =	Buena
R =	Regular
M =	Malta
mM =	Muy mala



Carbonatos

Explicación de las convenciones utilizadas en la descripción de las columnas estratigráficas.

POR :  
GILDARDO PEREZ T.  
ARMANDO SALAZAR J.

### III—FORMACION ARENISCA DURA

#### A - DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA

##### 1. *Sección Tipo.*

La Sección Tipo (Fig. 2) que se propone para la Formación Arenisca Dura está situada en la parte W del área en estudio, frente a Bogotá, por el carretable al Cerro del Cable, y es hasta ahora la mejor exposición de la unidad en la Sabana de Bogotá y alrededores.

La Formación, constituida por una sucesión de areniscas en bancos muy gruesos con intercalaciones de limolitas, lodolitas, liditas y arcillolitas de colores claros y en capas finas, reposa concordante y transicionalmente sobre una sucesión monótona de lutitas fisiles, grises predominantes, y areniscas arcillosas de la Formación Chipaque. Aunque la sección es completa y continua la parte basal no presenta tan buena exposición como el resto de la unidad. Aquella aflora muy bien en el carretable paralelo a la quebrada Rosales, 3 Km. más al norte, donde se describió tomando como nivel de correlación el primer banco de arcillolitas que ocurre a partir de la base. Suprayaciendo la Arenisca Dura, en sucesión continua y concordante, sigue una secuencia de arcillolitas, arcillolitas silíceas y liditas con escasos y delgados bancos de arenisca que se conoce como Formación Plaeners.

La secuencia, casi completamente invertida, aflora desde el flanco oriental del cerro hasta su flanco occidental, con 450 m. de espesor (Fig. 2). Estructuralmente hace parte del flanco occidental invertido del anticlinal de Bogotá; está orientada con un rumbo que varía de NS a N30E, y buza desde 26° W a la base hasta 30° E hacia el techo.

En el área de Bogotá la Arenisca Dura se destaca por su expresión morfológica acentuada de escarpes que forman la cima de los cerros que bordean el sector oriental de la Sabana, lo cual responde al predominio de niveles gruesos y abundantes de areniscas compactas.

Para su estudio más detallado la sucesión se ha dividido en conjuntos litológicos informales (Figs. 2, 3) que se describen a continuación:

##### 2. *Sucesión litológica* (Fig. 3).

###### *Conjunto D1.*

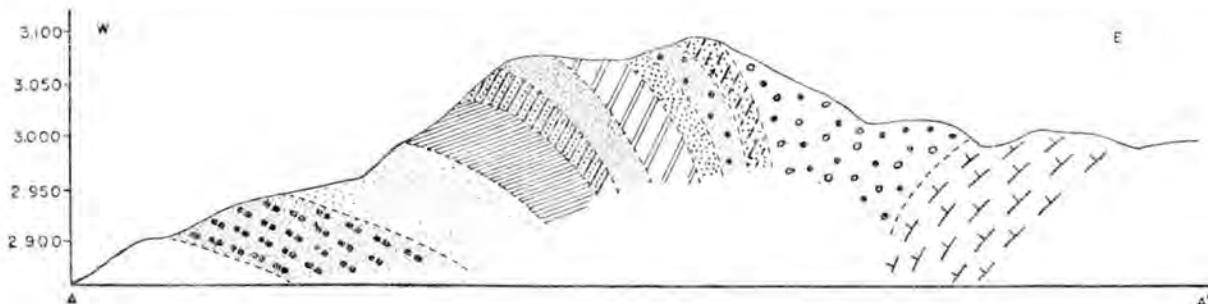
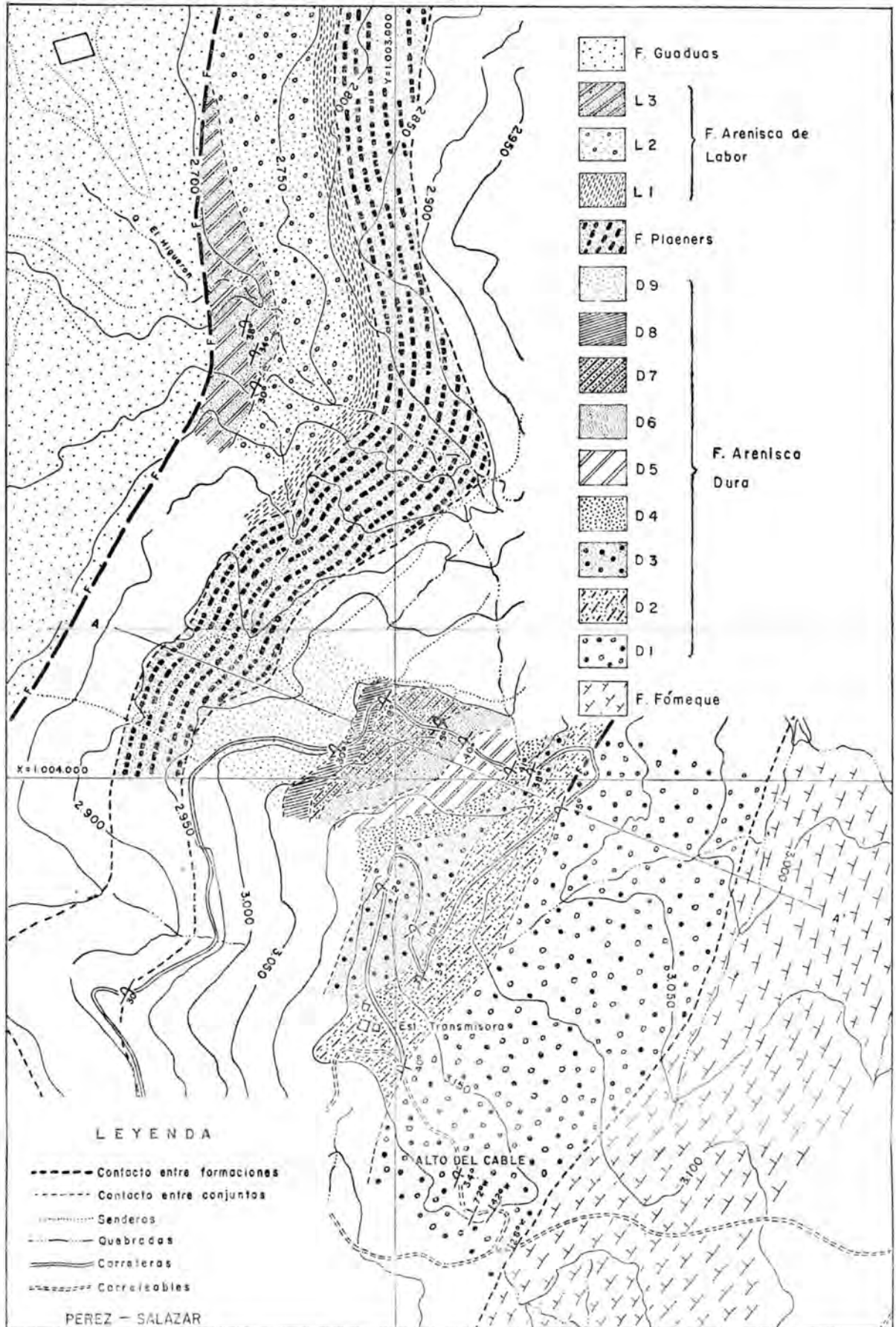
Intercalación rítmica de bancos de areniscas de estratificación gruesa, y bancos de limolitas silíceas, liditas, lodolitas y arcillolitas limosas, de colores claros, interestratificadas en capitas de 5 a 70 cm., con notable fracturamiento en prismas o romboedros, y esporádicas capitas de arenisca arcillosa de grano muy fino. Las areniscas, separadas por finísimas capas de arcilla limosa, son de grano muy fino, bien seleccionadas,

# SECCION TIPO DE LA FORMACION ARENISCA DURA

ALTO DEL CABLE, ORIENTE DE BOGOTA

ESCALA 1:5 000

Fig. 2



blancas a grisáceas y esporádicamente con laminación en los contactos con las limolitas. Es muy frecuente la gradación entre limolitas arcillosas, lodolitas y arcillolitas limosas, y entre limolitas silíceas y liditas que da lugar a laminación paralela, ondulada u ondulada lenticular. El espesor de los bancos de arenisca es variable (2.00 - 15 m.), al igual que el de las interestratificaciones (5 - 13 m.) (Lám. 1 a).

En general, las limolitas y areniscas son porosas por disolución de abundantes nódulos fosfáticos, espículas, vértebras, escamas de peces y algunos fragmentos de conchas; es notable su concentración en algunos bancos de arenisca oscura en donde aún no están disueltos y se asocian a guijas oscuras, claras y redondeadas que dan mala selección a la roca. La glauconita ocurre solamente en algunos bancos de la parte basal del conjunto. Los icnofósiles son frecuentes; en las interestratificaciones finas se disponen horizontalmente hacia los contactos, mientras que en las areniscas ocurren en todas direcciones; es posible observar, gracias a la ferruginización, rastros internos muy sinuosos de bioturbación (Lám. 4 a). Las micas son frecuentes en las porciones pelíticas, y la bioturbación suele deformar completamente las estructuras de base (turboglifos).

Espesor total: 90.00 m.

### *Conjunto D2.*

Areniscas arcillosas de grano muy fino bien seleccionadas, blancas a grisáceas, muy compactas, en bancos de estratificación gruesa, esporádicamente media y separados por finas capas (menores de 5 cm.) de arcilla gris a verdosa clara. Sin ninguna estructura interna (homogéneas por intensa bioturbación), con icnofósiles abundantes, paralelos a los contactos, o verticales y en todas direcciones dentro de las areniscas (Lám. 4 b). Es característica su abundante porosidad por disolución de espículas, nódulos fosfáticos y algunos fragmentos pequeños de conchas. Minerales pesados y micas frecuentes en algunas capas. Difícilmente se observan turboglifos.

Espesor: 35 m.

### *Conjunto D3.*

Limolitas blancas grisáceas en bancos de espesor variable (de 5 a 80 cm. o más), intercalados frecuentemente con arcillolitas grisáceas en capas más delgadas (5 a 10 cm.). La laminación de las limolitas es paralela, a veces muy fina y difícil de percibir; en algunos bancos es ondulada lenticular, especialmente hacia los contactos. Algunas limolitas arcillosas y arcillolitas se encuentran finamente interestratificadas y gradan verticalmente entre sí; frecuentemente son porosas por disolución de foraminíferos (?) o nódulos fosfáticos.

Se destaca la presencia de un banco de 3 m. de arcillolitas grisáceas algo verdosas con manchas violáceas, en la parte media del conjunto, y de una sucesión de 6 m. en la parte superior, de liditas y limolitas silíceas en banquitos de 5 a 10 cm. de espesor, separados por finas capas de arcilla. Con frecuencia es posible observar en las liditas de color gris a pardo, láminas paralelas, discontinuas y más claras de limo. Es notable el fracturamiento en romboedros de las liditas y limolitas silíceas que lateralmente gradan entre sí.

La bioturbación es abundante hacia la base y disminuye progresivamente al techo; son formas paralelas a la estratificación y están ausentes en los niveles de arcillolitas y liditas; se destaca la ocurrencia de ichnofósiles de la asociación Cruziana (Lám. 3 b). Ondulitas de interferencia ocurren en algunas capas.

Espesor: 28 m.

#### *Conjunto D4.*

Intercalación de areniscas de estratificación gruesa y paquetes de interestratificación fina de limolitas y arcillolitas. Las areniscas son homogéneas de grano muy fino bien seleccionadas, blancas, levemente arcillosas y porosas por disolución de nódulos fosfáticos; esporádicamente ocurre glauconita y micas en algunos bancos. Las limolitas, de color gris claro, presentan laminación paralela, ondulada y lenticular de material más grueso (arena muy fina).

En la parte media se intercala un paquete (5 m.) de liditas grisáceas en banquitos de 5 a 20 cm., fracturados en prismas y separados por finas capas de arcillas; también ocurren arcillolitas intercaladas entre las limolitas y las areniscas, con laminación producida por alternancia de láminas de diferente color (violáceas y grises).

Los ichnofósiles son frecuentes en los planos de estratificación, de diámetro muy pequeño ( $\pm 3$  mm.), y están ausentes en las intercalaciones lidíticas y en las areniscas de la base. Ocurren algunas óndulas de interferencia.

Espesor: 31 m.

#### *Conjunto D5.*

Consta predominantemente de areniscas levemente arcillosas en bancos de estratificación gruesa, y en menor proporción de limolitas y arcillolitas blancas. Las areniscas son blancas, de grano muy fino, bien seleccionadas y compactas. Hacia el techo presenta una interestratificación de limolitas y arcillolitas de color blanco-amarillento con un espesor de 3 m. En las areniscas ocurre frecuente glauconita hacia la base, 3 minerales pesados a través de todo el conjunto, y porosidad local por disolución de espículas y nódulos fosfáticos.



Solamente hacia los planos de estratificación se observan frecuentes ichnofósiles paralelos a los mismos; sin embargo, las areniscas no presentan ninguna estructura interna posiblemente por bioturbación.

Espesor: 41.00 m.

#### *Conjunto D6.*

Areniscas limpias en su mayor parte, con algunas porciones arcillosas y muy arcillosas hacia el techo y la base; estratificación muy gruesa, grano muy fino y fino en forma alternante dentro de un mismo banco, con paso bastante gradacional de un tamaño a otro; buena selección y color blanco a pardo amarillento claro. Son porosas por disolución de nódulos fosfáticos y espículas que llegan a ser muy abundantes en algunos bancos. La glauconita es común en algunos sectores, y al alterarse da un moteado verdoso amarillento; a la base ocurren minerales pesados que se hacen abundantes al techo; con menor frecuencia se observan micas blancas. En comparación con las areniscas de los conjuntos anteriores, que son muy compactos (compactación 4), éstas tienen una compactación variable de 1-3. Es notable la ocurrencia de capas lenticulares de arena muy fina.

Los ichnofósiles son escasos y no se observa ningún tipo de estructura interna; la homogeneidad interna de las capas puede deberse a bioturbación intensa.

Espesor: 48 m.

#### *Conjunto D7.*

Intercalación de arenisca en gruesos bancos y arcillolitas arenosas en capas de menor espesor y proporción.

Las areniscas son levemente arcillosas y esporádicamente arcillosas o muy arcillosas; blancas al igual que las arcillolitas, de grano muy fino y bien seleccionadas; localmente friables (compactación 1 y 2), con micas frecuentes a abundantes y escasos minerales pesados; localmente son porosas por disolución de nódulos fosfáticos y fragmentos de fósiles. En el techo presentan glauconita, estratificación ondulada lenticular, localmente laminación ondulada lenticular, y están separadas por capitas de arcillas (Lám. 2 b). En la base se destaca un paquete de 4 m. de espesor de limolitas arcillosas, grisáceas, laminadas, muy compactas, con un tipo especial de ichnofósil (*Crossopodia* sp.) y fracturamiento en romboedros o prismas.

A través del conjunto ocurren óndulas simétricas, ichnofósiles paralelos a la estratificación y en todas direcciones dentro de las capas difícilmente se observan estructuras de base (turboglifos).

Espesor: 17 m.

### *Conjunto D8.*

Areniscas levemente arcillosas a la base, y arcillosas en el techo; y de estratificación gruesa predominante, con algunos bancos de estratificación fina y media, especialmente hacia el techo, y con una intercalación, hacia la parte media superior, de arcillolitas y liditas de 4 m. En el techo las areniscas son de grano muy fino y están intercaladas con capitas de arcilla, mientras que en el resto del conjunto son de grano fino con porciones restringidas de grano medio en lentes interdigitados. Color blanco amarillento o grisáceo, selección buena con porciones de selección regular a mala y compactación muy variable (1, 2 y 3, raras veces 4). La glauconita es frecuente hacia la base y disminuye al techo; los minerales pesados y las micas son frecuentes a abundantes en promedio en todo el conjunto; igualmente son frecuentes las guijas arcillosas.

Las areniscas son porosas en algunos sectores por disolución de nódulos fosfáticos, espículas y fragmentos de conchas; presentan también a veces un moteado ferruginoso por alteración de glauconita y minerales pesados.

Las arcillolitas de la parte media son muy silíceas, pasan verticalmente a porcelanitas (liditas) y presentan laminación ondulada.

En la parte inferior los ichnofósiles son escasos y paralelos a la estratificación; en la superior son comunes y orientados en todas direcciones dentro de las areniscas. No se observa ningún tipo de estructura interna.

Espesor: 88 m.

### *Conjunto D9.*

Intercalación de areniscas, limolitas y bancos de interestratificación de limolitas (liditas a veces) con arcillolitas.

Las limolitas y las areniscas, de grano muy fino y fino, son limpias y arcillosas, blancas y grisáceas, compactas y bien seleccionadas con esporádicas porciones de selección regular; ocurren en bancos de estratificación gruesa separados por finas capitas de arcilla grisácea y presentan abundantes o frecuentes nódulos fosfáticos, espículas y fragmentos de fósiles disueltos que dan lugar a cavidades de diferente tamaño; la glauconita es escasa y los minerales pesados comunes. Las limolitas frecuentemente gradan hacia arriba a areniscas de grano muy fino y muestran laminación ondulada lenticular.

Las interestratificaciones de limolitas o liditas con capitas de arcillolitas presentan laminación paralela, ondulada y ondulada lenticular; las tres litologías gradan entre sí y muestran fracturamiento en prismas. Las limolitas y liditas son de color gris oscuro a pardo rojizo, muy

compactas; las arcillolitas son grisáceas, verdosas y violáceas. En general presentan nódulos fosfáticos y espículas disueltos.

La bioturbación es abundante a frecuente en los bancos de arenisca, con ichnofósiles paralelos y en todas direcciones dentro de las capas; en las limolitas son paralelos, y en los bancos de interestratificación ocurren sólo en las capitas de arcillolita con un diámetro mucho menor que aquellos de las areniscas y limolitas. Se observan óndulas simétricas y de interferencia. Las micas son comunes en todas las litologías del conjunto.

Espesor: 71.00 m.

## B - DESCRIPCION PETROGRAFICA

### 1. Areniscas.

#### a. Textura.

En la casi totalidad, las areniscas de esta formación, en su localidad tipo, son de grano muy fino, con algunos bancos de grano fino en la parte superior y esporádicas porciones de grano medio. La *selección aparente* observada en el campo es buena, aunque microscópicamente AALTO (1972: Tabla 1) encontró una selección pobre como también granos angulares a subangulares en areniscas de grano fino o muy fino texturalmente inmaduras, y granos subredondeados, moderadamente seleccionados, en areniscas de grano medio, submaduras, resultantes de diversos e intensos procesos diagenéticos, por cuya causa la textura y madurez originales es difícil conocer.

#### b. Composición.

Son predominantemente ortocuarcitas con diversos tipos de cuarzo (AALTO, 1972: Tabla 2), micas blancas, glauconita, y minerales pesados escasos, aunque pueden ocurrir concentraciones esporádicas y al azar en algunos bancos; las micas se presentan en mayor abundancia en los bancos interestratificados de limolitas, lodolitas y arcillolitas. Los constituyentes de la matriz y el cemento, en orden de abundancia, son caolinita, illita-sericita y óxidos de Fe, todos de origen diagenético (AALTO, 1972: 335). Macroscópicamente es notable el predominio de las arcillas sobre los óxidos de Fe, lo que hace que las areniscas sean levemente arcillosas a arcillosas en promedio y blanquecinas, por lo menos en el área de Bogotá.

### 2. Rocas asociadas.

Las areniscas se encuentran asociadas con bancos individuales de limolitas (8.7%), arcillolitas (3%), liditas (3.2%) y paquetes interestratificados finos (23.2%) de limolitas (a veces areniscas de grano muy fino), arcillolitas y liditas (Tabla 5).

En general son de colores claros y contienen micas blancas, glauconita y nódulos o restos fosfáticos como constituyentes particulares importantes. Los paquetes interestratificados son más o menos de igual potencia y frecuencia en la base y disminuyen hacia la parte media de la sucesión (Fig. 3); son marcadamente más silíceos que arcillosos, muestran fracturamiento típico en romboedros o prismas, y sus constituyentes litológicos se interestratifican o interlaminan en forma y proporción muy variables, de tal manera que gradan entre sí lenta y abruptamente.

### C - CARACTERISTICAS ESPECIALES

Características notables en la Arenisca Dura son:

1) La marcada abundancia de nódulos fosfáticos, en su mayor parte disueltos, y de escamas y vértebras de peces localmente bien conservados.

2) La escasa presencia de materia orgánica en el área de Bogotá y abundante en la de Choachí, asociada con una notable diferencia de color de la litología en ambos sitios: colores claros (blanco a gris claro) en la primera y oscuros (pardo para las areniscas y gris oscuro a negro para las intercalaciones de material fino) en la última.

3) El marcado predominio de bancos muy gruesos de areniscas (que constituyen el 63.8%) con relación a las rocas asociadas (36.2%) en el área de Bogotá.

4) Intensa bioturbación y consiguiente ausencia de estructuras inorgánicas internas en los bancos de arenisca.

5) Alta compactación y variable arcillosidad.

6) Considerable variación lateral de espesor de algunos conjuntos.

TABLA 1

#### ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INORGANICAS EN LA ARENISCA DURA

##### 1. En las areniscas:

##### a. Externas

##### Ondulitas:

oscilación  
corriente  
interferencia

##### Marcas de corriente:

turboglifos ("flute moulds")  
moldes de rebote ("bounce moulds")

b. *Internas*

Estratificación ondulada y lenticular.

2. *En las limolitas, lodolitas y arcillolitas:*

a. *Externas*

Marcas de corriente:

moldes espigados ("chevron moulds")

b. *Internas*

Laminaciones:

paralela  
flaser  
ondulada  
lenticular

Estratificación gradada:

normal  
inversa

D - FIGURAS Y ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INORGANICAS

1. *En las areniscas:*

Dada la intensa bioturbación que afecta interna y externamente las capas, las estructuras inorgánicas son relativamente escasas; mientras que en los bancos de arenisca las estructuras externas están mejor conservadas, en las limolitas y lodolitas lo son las internas.

a. *Estructuras externas.*

Entre las estructuras externas (o figuras) se encuentran ondulitas de corriente, de oscilación y de interferencia, y marcas de corriente.

Las ondulitas de corriente observadas son de patrón recto o sinuoso (ALLEN, 1968, in BLATT et al. 1972), asimétricas, de crestas continuas y angulares. Las ondulitas de oscilación son simétricas y con crestas redondeadas, y las de interferencia son muy complejas e irregulares.

Entre las marcas de corriente ("current marks"; DZULYNSKI & WALTON, 1965) se observaron difícilmente algunos turboglifos ("flute casts") de forma bulbosa plana o linguoide triangular y sin ningún patrón especial; esporádicamente moldes de rebote (Lám. 3 a).

b. *Estructuras internas.*

Con excepción de la estratificación ondulada, algo lenticular (Lám. 2 b) que ocurre en el conjunto D7, las estructuras internas están notoriamente ausentes en los bancos de arenisca. En algunos de ellos es explicable esta ausencia por una evidente y bien marcada bioturbación

que destruye todo vestigio de laminación o estructura interna y homogeniza la roca.

La estratificación ondulada algo lenticular consta de capas onduladas con formas lenticulares conectadas, de 5 cm. de amplitud (máximo 10 cm.), contituidas por arenisca de grano muy fino que hacia los bordes se hace arcillosa y pasa a arcilla en delgadas capas (hasta de 5 cm.) que siguen más o menos la misma ondulación. Es notoria la presencia de laminación hacia los bordes de las formas onduladas lenticulares.

## 2. En las limolitas, arcillolitas, lodolitas y liditas.

### a. Estructuras externas.

Con excepción de moldes espigados ("Chevron mould", DZULYNSKI & WALTON, 1965) ningún otro tipo de estructura se observó.

### b. Estructuras internas.

La más simple y común es la laminación paralela que se desarrolla por alternancia de láminas continuas y paralelas de limo silíceo y arcilla, o limo y lodo. Asociada pero escasa, se presenta laminación flaser (REINECK & WUNDERLICH, 1968); además laminación o estratificación ondulada (Lám. 2) y laminación o estratificación lenticular (op. cit.) constituidas por láminas de lodo silíceo y lentecitos de arena muy fina o limo.

Es importante notar que todos los tipos de estratificación anteriores son transicionales entre sí y el predominio de uno u otro parece depender de la proporción relativa de lodo a limo o arena.

La estratificación gradada es otra estructura muy importante que ocurre entre estas litologías, puede ser normal o inversa y tener lugar en forma abrupta (rápida) o lenta. Son frecuentes las gradaciones de limolitas (o areniscas de grano muy fino) arcillosas a arcillolitas limosas o limpias y viceversa; o de liditas arcillosas a arcillolitas limosas, o liditas a limolitas silíceas.

## 3. Significado hidrodinámico de las estructuras.

La ocurrencia de ondulitas de corriente, oscilación e interferencia en las areniscas indica sedimentación en un medio influido por corrientes unidireccionales, olas y por una interacción de olas y corrientes, respectivamente (HARMS, 1969: 364, SCHROCK, 1948: 116). Las de corriente señalan una energía hidráulica relativamente baja y un transporte lento de arena, e identifican la parte más baja del régimen de flujo. Las de oscilación un dominio del movimiento oscilatorio de las olas que arrastra periódicamente granos corrientes arriba, por cortas distancias, y redondea las crestas (HARMS, 1969). Las de interferencia pueden resultar de la formación simultánea de dos conjuntos de ondu-

litas o de la superposición inmediata de un segundo sobre un primer conjunto por la interacción de olas y corrientes (SCHROCK, 1948). La ubicación de algunas ondulitas en areniscas transicionales a arcillolitas sugiere mengua en las condiciones dinámicas con respecto al promedio de éstas en el resto de la capa de arenisca, como lo señala HARMS (1969: 388).

Las formas onduladas lenticulares en areniscas de grano muy fino, que pasan hacia los contactos a arcillas laminadas, indican una sedimentación por tracción pero con mayor acumulación de material en suspensión que llueve o cae sobre las ondulitas en migración a una rata mayor que ésta, y representa, por consiguiente, una corriente menguante (ALLEN, 1963: 106).

Las estratificaciones o laminaciones flaser, ondulada y lenticular, tienen su origen en la alternancia de la acción de olas o corrientes y el retiro de la marea: por acción de aquéllas se origina una depositación de arena o limo en ondulitas por tracción y una depositación de lodo por suspensión en el retiro de la marea (REINECK & WUNDERLICH, 1968: 103). Estas estructuras tienen lugar primordialmente en las zonas intramarea ("intertidal") y submarea ("subtidal"), en donde están relacionadas genéticamente al ciclo de la marea y han sido llamadas "estratificaciones de marea" (op. cit.).

La ocurrencia de laminación paralela en la forma descrita y su asociación con estratificación gradada sugiere corrientes intermitentes, cargadas de lodo, que depositan el material en suspensión en forma selectiva, o una sedimentación por disminución en la velocidad de las corrientes (HECKEL, 1972: 284, 285).

La presencia esporádica de marcas de corriente, las cuales implican corrientes rápidas y algo turbulentas (DZULYNSKI & WALTON, 1965), en capas de textura fina con intercalaciones de arcillas confirman menguas notables en la intensidad de las corrientes.

En conclusión, la Arenisca Dura se depositó en un medio controlado por corrientes unidireccionales oscilatorias y por una interacción de éstas, a partir de tracción con intervalos periódicos de mengua en la energía de las corrientes y depositación predominante a partir de suspensión.

#### 4. *Paleocorrientes.*

En la Arenisca Dura se hicieron medidas de dirección de corriente en el Alto del Cable, Cerro de Guadalupe y en la carretera a La Calera (Fig. 10). En el Alto del Cable se midieron orientaciones de ondulitas y marcas de base, las cuales suelen encontrarse en un mismo sitio, asociadas y diferenciando 90° entre sí; las ondulitas presentan un rango de variación amplio y, por lo tanto, no son un indicador muy confiable.

Las marcas de corriente señalan una dirección promedio S 2° E con sentido SE; las ondulitas S 18° W con sentido SW. En el Cerro de Guadalupe ondulitas de patrón recto indican 62° E, con sentido SW, y se observan ondulitas orientadas casi perpendicularmente. En la carretera a La Calera ondulitas y marcas de corriente tienen valores muy próximos y dan una dirección promedio NS con sentido N. Son notables, por consiguiente, las direcciones casi opuestas medidas en la carretera de La Calera, Alto del Cable y Cerro de Guadalupe, como también la ocurrencia de estructuras orientadas 90° entre sí.

## E - ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS BIOGENICAS

### 1. Ocurrencia.

En la Arenisca Dura se observan todas las estructuras biogénicas que se encontraron en el Grupo Guadalupe, excepto los ichnogéneros *Fraena* y *Vermiglifos* (Fig. 11). La bioturbación es intensa en la mayor parte de la unidad (Fig. 11). Hacia la parte media existen algunas capas de arenisca homogenizadas por bioturbación. La especificación detallada de la misma para cada uno de los conjuntos se encuentra en las descripciones litológicas correspondientes. En algunas de las capas macizas de la base de la formación que han sido homogenizadas por bioturbación, ésta se reconoce en las irregulares superficies de partición de la roca, aunque no es posible individualizar estructuras, mientras que la parte más superior de la unidad se favorece por la erosión diferencial de las madrigueras endurecidas. Algunas de las capas homogéneas de la parte media pueden serlo, sin embargo, a causa de otros fenómenos; esto podría dilucidarse mediante el empleo de técnicas como tinturación o rayos X.

### 2. Evaluación.

A partir de la clasificación de los ichnofósiles (Fig. 12) puede obtenerse la siguiente evaluación del significado etológico de la bioturbación, sin tener en cuenta el número de formas que contenga cada grupo:

<i>Repichnia</i>	47.1%
<i>Domichnia</i>	23.5%
<i>Fodinichnia</i>	17.6%
<i>Cubichnia</i>	11.8%

Las estructuras forman relieves llenos en un 70%. Excepto *Arenicolites*, que se restringe a la ichnofacies SKOLITOS, las demás formas corresponden a la CRUZIANA o a ambas asociaciones, como *Planolites* (Fig. 12); las estructuras de clasificación dudosa poseen generalmente



significado ambiental amplio (depósitos fluviales y marinos de aguas someras: Anexo 1).

De las ichnoestructuras en conjunto se puede deducir lo siguiente:

1. La Arenisca Dura se depositó bajo una rata lenta a moderadamente lenta dada la intensa actividad de horadación que está en proporción inversa con la velocidad de sedimentación (FREY, 1971: 113-115). Sin embargo, hacia la parte media existen potentes bancos macizos de arenisca que podrían indicar una depositación más rápida a una homogenización producida por bioturbación.

2. A primera vista la variedad etológica de las formas revela un substrato con escasa proporción de materia orgánica. Sin embargo, la estrecha asociación de las formas *Domichnia* y *Repichnia* con las *Fodichnia* (dos ichnogéneros con abundantes formas) en bancos contiguos, dentro de sus respectivas litologías (Figs. 11, 12, Anexo 1), sugiere una alternancia de condiciones de aguas tranquilas acumuladoras de sedimentos finos frecuentemente laminados y más o menos ricos en materia orgánica, propicios para el desarrollo de organismos limófagos (Lám. 3 b), y aguas turbulentas a moderadamente turbulentas (predominantes a la parte media y superior de la unidad) que depositaron sedimentos más gruesos en bancos potentes y facilitaron el desarrollo de ichnoformas de organismos que se alimentaron de material en suspensión (*Arenicolites*, *Planolites* de la ichnofacies SKOLITOS y algunos de la CRUZIANA: Fig. 12, Anexo 1).

3. Es indudable que la acumulación de la Arenisca Dura tuvo lugar en un medio aireado, circunstancia que favoreció el desarrollo de una alta proporción de estructuras biogénicas. La aireación de los sedimentos en sí mismos es proporcional a la intensidad de bioturbación interna (FREY, 1971: 115-116).

4. La intensidad de las corrientes puede discutirse fundamentalmente en base a la estrecha asociación de las ichnofacies SKOLITOS y CRUZIANA (Fig. 12). La primera corresponde a arenas litorales en donde la sedimentación y erosión son factores críticos, y la segunda a sedimentos finos de aguas más o menos tranquilas (SEILACHER, 1967: 419-421). Como se discutió al referirnos a la turbulencia, en la intensidad de las corrientes se puede determinar una alternancia de corrientes débiles y corrientes algo más fuertes predominantes en la parte media y superior de la secuencia. Existen estructuras *Epichnia-Hypichnia* que se asocian a sedimentos finos y se distribuyen en toda la formación (Fig. 11). Estas estructuras, que son característicamente delicadas (Anexo 1), requieren para su conservación un ambiente tranquilo y una depositación moderadamente lenta. Sin embargo, en diferentes sectores de una misma capa (conjunto D1, Alto del Cable) pueden observarse estas

estructuras y escasos turboglifos (nunca asociados); estos últimos pueden corresponder a estructuras formadas en canales.

5. En principio los sedimentos de la Arenisca Dura no se depositaron en un ambiente más profundo que la subzona circalitoral. Sin embargo, el ambiente de oscilación que resulta de la estrecha asociación de las ichnofacies SKOLITOS y CRUZIANA restringe considerablemente la profundidad. En base a la ichnología puede deducirse un ambiente de depósito litoral a infralitoral; exposiciones subaéreas podrían deducirse de *Crossopodia*, *Fraena* y *Planolites*.

#### F - FAUNA Y EDAD

No se encontraron formas que permitieran determinaciones paleontológicas; existen numerosas cavidades por disolución de conchas y fragmentos de conchas de lamelibranchios, vértebras y otros restos de peces, las cuales corresponden a moldes internos y/o externos, algunos con ornamentación más o menos evidente. Suelen distribuirse dentro de las areniscas, mezcladas con guijas arcillosas disueltas, formando capas o lentes toscos. Sus características indican que tales restos sufrieron actividad mecánica fuerte. Estas acumulaciones son locales. Es posible que dentro de capas limolíticas muy silíceas o de lidita, asociados a nódulos fosfáticos por lo regular disueltos, existan foraminíferos; corroborar su presencia requiere un muestreo cuidadoso.

En su compilación ETAYO (1964: 25, 36, 37) cita las siguientes formas (miembro del Raizal):

##### 1. En el borde occidental de la Sabana:

*Peroniceras (Gauthiericeras) bajuvaricum* (REDTENBACHER).

*Lucina* sp.

*Cymbophora* sp.

*Inoceramus* cf. *subquadratus* SCHLUTHER.

*Siphogenerinoides ewaldi* (KARSTEN).

En base a *Gauthiericeras* se asignó inicialmente esta fauna al Coniaciano superior; posteriormente se consideró Santoniana mediante correlación mal lograda con la sucesión del Valle Superior del Magdalena. Para la unidad infrayacente a la Arenisca Dura se ha fijado una posible edad Coniaciana gracias a una lista más o menos extensa de fauna.

##### 2. En la margen oriental de la Sabana registra *Ostrea nicaisei* COQUAND, hacia la base de la unidad.

FRITZ, B. F. & GUTIÉRREZ, D. (comunicación escrita, 1973), en sección levantada recientemente por la carretera Bogotá-Choachí, atribuyen a la Formación Chipaque (infrayacente a la Arenisca Dura) una

edad Coniaciana, si no en su totalidad al menos para parte de ella: *Didymotis roemeri variabilis* GERHARDT, Coniaciano, y *Protexanites cf. mutiscuaensis* BASSE, Coniaciano-Santoniano.

La Formación Plaeners, que suprayace a la Arenisca Dura, posee una edad Maestrichtiano inferior. Por su posición estratigráfica la Arenisca Dura podría abarcar desde el Coniaciano o Santoniano al Campaniano. En la actualidad la mayor parte de los autores (HUBACH, 1957a; BURGL, 1961; CAMPBELL, 1962; ETAYO, 1964, entre otros) la consideran posiblemente Campaniano.

## G - FACIES

De las discusiones anteriores es posible afirmar que la sedimentación de la Arenisca Dura tuvo lugar en un ambiente marino somero (HECKEL, 1972) o sublitoral (KRUMBEIN & SLOSS, 1963).

Las estructuras sedimentarias, biogénicas e inorgánicas, y características litológicas de la formación señalan corrientes suaves a moderadas que depositaron el material por tracción y/o suspensión. La tasa de depositación en general fue lenta con períodos de sedimentación muy lenta que se demuestra por la intensa actividad de organismos bentónicos, en un medio oxigenado rico en nutrientes en suspensión o mezclados con los sedimentos más finos.

Sin embargo, algunas características permiten restringir considerablemente la profundidad de depositación y enmarcan fisiográficamente el ambiente dentro de una llanura de marea (Tidal Flat).

La alternancia de arenas y sedimentos finos, pobres y ricos, respectivamente, en materia orgánica y, en consecuencia, de bentos filtrador y bentos limófago que determina la estrecha asociación de los ichnofacies Skolitos y Cruziana en toda el área, señala un ambiente oscilante, litoral a infralitoral. La densidad de organismos bentónicos que habitan estos ambientes determinan intensa bioturbación, especialmente en las superficies del depósito (planos de estratificación) (REINECK, 1972: 148), como se observa en la Arenisca Dura, en donde existe, además, una gran cantidad de huellas delicadas (Lám. 3 b) que pueden referirse a la culminación de cada ciclo de marea. KUKAL (1971: 272) señala que la mayor parte de la materia orgánica proviene de partes blandas de organismos y excrementos como lo evidencia en esta unidad la abundancia de nódulos fosfáticos y pelitas fecales, dada la afinidad de los fosfatos por ella, especialmente por los excrementos.

La existencia de un patrón de paleocorrientes bipolar y otras orientaciones que difieren casi 90° entre sí (Fig. 10) revela corrientes de invasión y retiro de marea, o la influencia sobre éstas de corrientes a lo largo de la costa —Longshore— (PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1972; REINECK, 1972; KLEIN, 1970).

Contactos erosivos locales, capas o lentes de conchas de lamelibranquios y fragmentos de conchas disueltas asociadas con guijas arcillosas de la litología infrayacente revelan la existencia de canales, lo mismo que las marcas de base en capas que en conjunto son características de condiciones sedimentarias tranquilas (KUKAL, 1971: 267-269, 272). Las vértebras, escamas y espículas de peces corresponderían a la redistribución posterior de los restos de dichos organismos, muertos durante un rápido retiro de la marea, como sucede, por ejemplo, en los canales.

La abundancia en la formación de los tipos de estratificación y laminación de marea: flaser, ondulada lenticular, ondulada y lenticular, interlaminaciones e interestratificaciones de lodo, limo y arena (REINECK, 1968, 1970, 1972; KUKAL, 1971); la presencia de capas gruesas de lodo con finas bandas de arena (REINECK, 1972), de estratificación gradada normal o inversa, y los contactos abruptos entre las areniscas y las interestratificaciones de materiales finos (Fig. 3) son características típicas de estos ambientes (KUKAL, 1971). Característica de este ambiente es, además, la gran abundancia de ondulitas de corriente, de oscilación, interferencia y megaóndulas que señalan la influencia de olas y corrientes (REINECK, 1972: 150; KUKAL, 1971: 275).

La estrecha asociación y transición vertical y horizontal de limolitas o arcillolitas a liditas, con los mismos tipos de laminaciones, señalan para éstas una sedimentación en el mismo ambiente, a partir de lodos silíceos, en donde la sílice pudo derivar de diatomeas que saturan con frecuencia los sedimentos de estos ambientes y contribuyen indudablemente a la formación de sílica, que durante la diagénesis puede migrar y precipitar en otros lugares (KUKAL, 1971: 272).

Individualmente las evidencias mencionadas pueden ocurrir en otros ambientes, pero es la asociación la que da bases para sustentar el ambiente propuesto.

#### IV—FORMACION PLAENERS

##### A - DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA

###### 1. *Sección Tipo.*

Dentro del área de estudio la Formación Plaeners aflora en el cerro del Alto del Cable, por el camino a la Estación de La Cuchilla, al N. de Usaquén, y en el carreteable al cerro situado entre las quebradas Rosales y La Vieja. De estas exposiciones las del Alto del Cable y la Estación de La Cuchilla, aunque son buenas, no aflora en ellas el techo. La sección en el cerro entre las quebradas Rosales y La Vieja presenta las mejores condiciones para un estudio detallado: buena exposición

y continuidad de base a techo, lo cual permite proponerla como Sección Tipo.

Reposa concordantemente sobre areniscas masivas y de estratificación muy gruesa de la Formación Arenisca Dura, con contacto marcado y abrupto dado por el cambio brusco en la litología (Lám. 6 a): arcillolitas silíceas y liditas que contrasta con las facies notablemente arenosa de la Arenisca Dura. Subyace a la Formación Arenisca de Labor, que le sigue en sucesión continua y concordante.

La secuencia está invertida; su base está cerca a la torre eléctrica que se encuentra en dicho cerro y su techo topográficamente unos 60 m. más abajo por el mismo carreteable.

La Formación Plaeners se destaca muy bien por su morfología suave situada entre dos formaciones de rocas duras que dan escarpes y hacen resaltar en esta forma su naturaleza blanda.

## 2. Sucesión litológica (Fig. 4).

Dada la continua variabilidad de las diferentes litologías, no es posible separar la secuencia en conjuntos litológicos netamente definidos. Se describe a continuación la sucesión litológica tal como se observa de base a techo:

a. Hacia la base un conjunto (9.50 m.) de estratificación fina y media de limolitas silíceas, liditas y arcillolitas silíceas interestratificadas que gradan lateral y verticalmente entre sí, de colores claros (blanco, gris o pardo rojizo claro), muy compactadas y con fracturamiento en prismas o romboedros.

b. Siguen 1.30 m. de areniscas de grano muy fino en bancos de estratificación gruesa separados por finas capas de arcilla, de color blanco o amarillento, y muy porosas por disolución de restos fósiles.

c. Liditas (12 m.) en banquitos finos separados por capas más finas de arcillas grises claras. Presentan fractura concoide y partición en prismas; son muy compactas, de color blanco lechoso (porcelanitas), gris claro o pardo rojizo claro. Varían lateralmente de muy puras a arcillosas.

d. Sucesión de bancos de arcillolitas grises claras a oscuras (7.20 m.), liditas (3.10 m.), limolitas (3 m.), arcillolitas amarillentas (9 m.) y limolitas arcillosas (9.50 m.). Las arcillolitas, grises claras a oscuras, presentan intercaladas delgadas capitas de limo; las liditas ocurren en banquitos separados por arcilla al igual que las limolitas; las arcillolitas amarillentas se presentan en bancos gruesos con delgadas intercalaciones de limolitas, y las limolitas arcillosas se intercalan con banquitos de más o menos igual espesor de arcillolitas. Todos estos tipos

litológicos son con frecuencia transicionales entre sí vertical y lateralmente debido a la variación de las proporciones de limo y arcilla.

e) Arcillolitas limosas (12.30 m.) grises claras, oscuras y negras, o pardo amarillentas, en gruesos paquetes con delgadas capas intercaladas de limolitas blancas y porosas. Hacia el techo las arcillolitas pasan a limolitas arcillosas y éstas de nuevo a arcillolitas limosas.

f. La formación termina con una sucesión (6.50 m.) de bancos de limolitas, areniscas de grano muy fino, arcillolitas y un paquete de interstratificación fina de limolitas, arcillolitas y areniscas de grano muy fino; en general de colores grisáceos claros y oscuros, con gradación de una litología a otra.

Ocurren micas en la mayor parte de las arcillolitas y limolitas; esferulitas y nódulos silíceos en limolitas y liditas, y escamas, vértebras de peces y foraminíferos, en toda la formación. Es notable la ocurrencia de "hard-grounds" ricos en óxidos de Fe, sílice y pirolusita en el techo de algunas capas. (Ver glosario).

Los ichnofósiles son escasos y sólo ocurren esporádicamente hacia los contactos. El espesor total de la formación en la sección tipo es de 73 m.

## B - DESCRIPCION PETROGRAFICA

A partir de la sucesión litológica se pueden destacar los siguientes rasgos característicos de esta formación:

1. El predominio de una facies arcillosa (41.6%) más bien lodosa dada la continua gradación entre arcillolitas, limolitas y liditas.

2. La ocurrencia importante de una facies silícea, liditas o porcelanitas, que constituye más o menos el 20.6% de la sucesión, pero que se encuentra en finos bancos separados por capas de arcillas, con las cuales se mezclan o gradan vertical y lateralmente, al igual que con limolitas (18.1%).

3. La presencia de paquetes (15.1%) con finas interstratificaciones de una gran variedad de estas litologías (limolitas silíceas o arcillosas, arcillolitas silíceas o limosas, y liditas arcillosas o limosas), que gradan entre sí lenta o abruptamente.

4. La escasez de facies arenosas (4.6%) que tienen lugar en capas individuales, lenticulares o en cuñas, distribuidas irregularmente dentro la unidad.

5. La notable ocurrencia de arcillolitas carbonosas con parches de cristales muy finos de piritita y glauconita.

## TABLA 2

### ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INORGANICAS EN LOS PLAENERS EN ARCILLOLITAS, LIMOLITAS, LODOLITAS Y LIDITAS

#### *Internas*

##### Laminaciones:

paralela  
ondulada y lenticular.

Estratificación gradada.

#### C - ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INORGANICAS

##### 1. *Estructuras Internas.*

Sólo ocurren estructuras internas, las cuales están estrechamente interrelacionadas. Se observan algunos tipos de laminación paralela (BLATT et al., 1972) en limolitas y liditas producidas por alternancia de láminas pobres y ricas en arcillas, o por una separación neta de láminas de arcilla y limo, y un tercer tipo producido en arcillolitas por láminas de diferente color (Lám. 6b). También ocurre laminación ondulada y lenticular con formas lenticulares gruesas o planas de limo o arena muy fina que constituyen delgadas capitas o flotan dentro de las arcillolitas.

Muy relacionada con las anteriores se presenta estratificación gradada lenta o abrupta entre las diferentes litologías.

##### 2. *Significado hidrodinámico de las estructuras.*

El predominio notable de la facies arcillosa y lidítica (lodos o material no clástico, silíceos), laminación paralela fina, menor desarrollo de las "estratificaciones de marea" sugieren una sedimentación predominante a partir de suspensión, con esporádica influencia de la tracción, para la mayor parte de la unidad.

#### D - ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS BIOGENICAS

La Formación Plaeners puede considerarse estéril, en estructuras sedimentarias biogénicas, a la observación de campo, con excepción de algunas pocas areniscas más o menos bioturbadas que afloran por el camino a la Estación de La Cuchilla, al N. de Usaquén, o esporádicas estructuras mal conservadas hacia los contactos litológicos. Esta propiedad se debe posiblemente a la no conservación de las estructuras por la litología misma de la unidad.

A los Plaeners pueden asignarse *Planolites* (?), *Protovirgularia* y algunos tipos de *Repichnia* con abundantes ejemplares. Lo único que se

puede postular a partir de estas formas es un ambiente continental o de la parte media a interior de la asociación CRUZIANA (planolites), tranquilo, sin corrientes fuertes ni turbulencia que condicionen la conservación de las delicadas formas *Repichnia* (Anexo 1) y un enterramiento oportuno para evitar su destrucción.

#### E - FAUNA Y EDAD

Por el camino a la Estación de La Cuchilla, frente a la Bella Suiza, al N. de Usaquén, unos 15 m. estratigráficamente debajo de la Arenisca de Labor, en limolitas muy arcillosas, amarillo grisáceas, se colectó la siguiente fauna estudiada por DIANA GUTIÉRREZ\*:

1. *Ostrea tecticosta* GABB.
2. Foraminíferos:
  - a. ? *Orthocarstenia cretacea* (CUSHMAN).
  - b. ? *Orthocarstenia clarki* (CUSHMAN & CAMBELL).
  - c. Globigerinácea.
3. Escamas, vértebras y otros huesos de peces.

DIANA GUTIÉRREZ (comunicación escrita, 1973) afirma que *Ostrea tecticosta* está presente en la fauna de "Breviarca A" de BURGL (1957) de edad Maestrichtiano inferior, y que se encuentra, según STEPHENSON (1941), en todas las formaciones del "Navarro Group" (región del Golfo de México, USA) de edad Maestrichtiano. Considera además los foraminíferos *O. Cretacea* y *O. Clarki* comunes en las capas del Cretáceo más Superior de Colombia, Campanianos-Maestrichtianas (Tablas inéditas de BURGL).

ETAYO (1964: 37) cita en su compilación *Ostrea falcata* MORTON, *Lima* sp., *Didymotis* cf. *variabilis* GERHARDT, y probablemente *Haplophragmoides excavata* (CUSHMAN & WATERS), *H. glabra* (CUSHMAN & WATERS), *Sphenodiscus* ? etc. En base a la fauna reconocida se atribuye a la Formación Plaeners una edad Maestrichtiano inferior (GUTIÉRREZ, D.; ibíd., ETAYO: op. cit.).

#### F - FACIES

Las estructuras sedimentarias y características litológicas de esta formación indican una sedimentación predominante a partir de sus-

---

\* Muestra SP III C9, Museo INGEOMINAS, caja No. 15, con copia del estudio en la Sección de Estratigrafía del Instituto.



pensión, lenta a moderada, dentro de un ambiente tranquilo, muy somero, con posibles exposiciones subaéreas, sin influencia de corrientes fuertes que impliquen la destrucción de gran cantidad de huellas delicadas sobre los planos de estratificación; su facies corresponde a un ambiente de llanuras de lodo formadas por corrientes de marea que transportan sedimentos finos sobre la costa y los depositan en las partes más someras, en donde las corrientes son débiles (BLATT et al., 1972: 149, 151). En la Formación Plaeners son determinantes, además, los siguientes aspectos faciales:

La abundancia de "hard-grounds", muy ricos en óxidos de hierro y manganeso, que indican una exposición subaérea o una cubierta muy delgada de agua al mismo tiempo que una suspensión temporal de la depositación, en condiciones químicas especiales que revelan un ambiente más bien árido (COUMES, F., comunicación personal, 1973).

La ocurrencia de sedimentos finos con abundante materia orgánica que asocia nódulos fosfáticos y en menor proporción sulfuros, lo cual señala, en estos ambientes, condiciones de depósito muy someras o mayor proximidad al continente. Los sulfuros se forman por reacción del  $H_2S$ , producto de actividad bacteriana sobre la materia orgánica, con los compuestos ferrosos del agua marina (KUKAL, 1971: 271, 272), de ahí su asociación con glauconita en algunos afloramientos.

Las laminaciones de marea y estratificación gradada normal e inversa que ocurren en los Plaeners son importantes, y su menor abundancia señala un ambiente predominante de llanura de lodo donde la sedimentación por tracción estuvo limitada. No obstante, hubo alguna influencia de sedimentación en barras o canales evidenciada por areniscas lentiformes o que se acuñan constantemente y ocupan diferentes posiciones dentro de la unidad como consecuencia de la migración lateral de canales.

La gran abundancia de *Ostrea* en los Plaeners confirma la cualidad de las llanuras someras para constituir el habitat de algunos pelecípodos. Existe, por lo regular, una estrecha relación entre la abundancia de aquella y la ocurrencia de capas silíceas que se explica, al parecer, por la concentración de heces silíceas procedentes de la *Ostrea* que se alimenta de fitoplancton. Sin embargo, la silificación puede también ser debida a la abundancia excepcional de diatomeas, que suele presentarse en estos ambientes, las cuales proporcionan abundante sílica que durante la diagénesis migra y se deposita en otros sitios; esto está de acuerdo con los intensos procesos diagenéticos observados por AALTO (1972), el primero de los cuales se manifiesta por el desarrollo de sobrecrecimientos en el cuarzo y redepositación de sílica.

## V — FORMACION ARENISCA DE LABOR

### A - DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA

#### 1. *Sección Tipo.*

La mejor exposición de la Arenisca de Labor se encuentra en las canteras situadas entre las quebradas La Vieja y El Higuerón, en la parte W del área, frente a Bogotá (Lám. 7 a). En esta última aflora casi toda la formación, restando sólo una mínima parte del techo cortada por la falla de Monserrate. Sin embargo, en las canteras de esta quebrada sólo se tomó la parte superior (Conjunto L3) dada la inaccesibilidad de los afloramientos para el resto, habiéndose tomado la parte inferior (Conjuntos L1 y L2) en las canteras de la Q. La Vieja, en donde ocurren muy buenos afloramientos. Allí la Arenisca de Labor descansa concordantemente sobre la Formación Plaeners, y comienza con bancos gruesos de arenisca, separados por capas muy delgadas de arcillas, que más tarde se intercalan con paquetes de lodolitas y arcillolitas interestratificadas.

La sucesión hace parte del flanco W invertido del anticlinal de Bogotá y está cortada en su parte más superior por la falla de Monserrate. Morfológicamente se distingue por su expresión topográfica más pronunciada que la Formación Plaeners pero menos que la Arenisca Dura.

Para su descripción y estudio detallados se ha dividido en tres conjuntos litológicos informales, que se describirán a continuación. El espesor total de la formación es de 177 m.

#### 2. *Sucesión litológica (Fig. 5).*

##### *Conjunto L1.*

Areniscas arcillosas grisáceas a blancas, de grano muy fino a fino y bien seleccionadas. Ocurren en gruesos bancos separados por finas capas de arcillas del mismo color que se hacen más frecuentes y de mayor espesor en la base. Muy compactas, algo micáceas, presentan concentraciones esporádicas de minerales pesados, escasos nódulos fosfáticos y espículas disueltas. En la base las areniscas se presentan en bancos más delgados intercalados con capas de arcillas, y muestran un fracturamiento en prismas y laminación y estratificación gradada.

Los ichnofósiles son escasos, se localizan horizontalmente en las capitas de arcilla y a través de las areniscas.

Espesor 24.65 m.

##### *Conjunto L2.*

Intercalación de bancos de arenisca, paquetes de lodolitas (rara vez liditas) y arcillolitas interestratificadas, y bancos individuales de

arcillolita. En general los tres tipos de litologías ocurren en paquetes de más o menos igual espesor.

Las areniscas son arcillosas en su totalidad, de estratificación gruesa, compactas y color blanco a pardo amarillento; granulometría muy variable: en la parte inferior muy fina y fina, con algunas porciones de grano medio y grueso, en la parte media grano medio y en la parte superior grueso, medio a grueso y fino, con esporádicas porciones de muy grueso. Selección buena en general (esporádicas porciones de selección regular o mala) y con frecuente gradación de una granulometría a otra. Algunos bancos presentan porosidad por disolución de nódulos fosfáticos, restos fósiles, espículas, escamas y vértebras de peces que se rellenan a veces de arcilla y se alinean formando bandas toscas. Esporádicamente ocurre glauconita en algunos bancos, los minerales pesados son más frecuentes y se disponen en láminas o dan lugar a moteamiento (Lám. 9 b); las micas ocurren preferencialmente en los bancos de grano fino y medio, y las guijas arcillosas se encuentran frecuentemente orientadas.

Es común la ocurrencia de ondulitas simétricas, asimétricas y esporádicamente megaóndulas, como también de estratificación ondulada, ondulada lenticular y esporádicamente laminación paralela producida por una orientación de los granos en láminas paralelas al plano de estratificación ("current lineation"). Los ichnofósiles son escasos y se localizan hacia los planos de estratificación preferencialmente, o penetran dentro de las areniscas. Con frecuencia hacia los contactos con arcillolitas se observan "hard-grounds".

Los paquetes de interestratificación están constituidos por banquitos de lodolitas (limo + arcilla) y finas capas de arcillolitas con paso transicional o abrupto entre las dos litologías. Las lodolitas se presentan como interlaminaciones paralelas, onduladas o lenticulares de limo (a veces silíceo o arcilloso) y arcilla. De color grisáceo o blanco, son compactas y se fracturarán en prismas. Los nódulos fosfáticos, espículas y escamas son menos abundantes, al igual que los minerales pesados, mientras que las micas son más frecuentes que en las areniscas. La bioturbación es más evidente que en las areniscas, con ichnofósiles paralelos y también a través de los banquitos. El espesor de estos paquetes varía entre 0.5 y 5 m.

Las arcillolitas son silíceas, de color grisáceo verdoso y micáceas; se presentan en bancos de 0.5 a 2 m., tienen fracturamiento típico nodular y contienen delgadas capas intercaladas (1-5 cm.) de limolitas o lodolitas. Muestran laminación típica de las arcillolitas y shales (alternancia de láminas de arcilla de diferente color: grisáceas, blancas y violáceas), y los ichnofósiles están ausentes o no se observan a simple vista.

El espesor del conjunto es de 92 m.

### *Conjunto L3.*

Areniscas arcillosas de estratificación gruesa predominante, separada por finas capas de arcilla gris; compactación variable, color blanco a pardo amarillento o gris claro, y granulometría variable: grano grueso predominante con porciones de grano medio, muy grueso y en menor proporción grava fina. La selección es variable; para algunos bancos es buena pero en otros es regular o mala. Esporádicamente se observan moldes de fragmentos de conchas. Ocurren abundantes minerales pesados dispuestos en láminas (Lám. 9 b) y las micas son frecuentes al igual que las guijas arcillosas.

Son comunes las ondulitas simétricas, ondulitas de interferencia y algunas megaóndulas, las estratificaciones ondulada, ondulada lenticular, que forma capas en lente (Lám. 7 b) y cruzada en cuñas. La estratificación gradada normal ocurre esporádicamente en algunos bancos y es común la laminación paralela producida por la orientación de los granos, especialmente minerales pesados (Lám. 9 b). También es notable el acuñamiento de la mayoría de las capas, ya sea en forma de lentes o de verdaderas cuñas (Lám. 7 b). Los icnofósiles se presentan solamente hacia los planos de estratificación, paralelos a ellos; y preferencialmente entre las capitas intercaladas de limo y/o arcilla; la mayor parte de estas capitas poseen porciones lenticulares de arena blanca de grano medio a grueso.

El espesor del conjunto es de 60 m.

## B - DESCRIPCION PETROGRAFICA

### 1. *Areniscas.*

#### a. *Textura.*

Las areniscas de esta unidad son de granulometría y selección variables: en la base de grano muy fino y fino; grano medio con porciones de grano fino o grueso en la parte media, y en la parte superior grano grueso predominante, con porciones de grano medio, muy grueso, e inclusive pequeñas ocurrencias de grava fina. La selección en algunos bancos es buena mientras que en otros es regular o mala. En la sección de Choachí, aunque la textura es un poco más uniforme (predominan el grano medio y la buena selección), existen porciones notables de otras granulometrías (fina y gruesa). No obstante es posible allí la identificación de la unidad por métodos granulométricos como lo demuestra JULIVERT (1962a) mediante tamizados.

Texturalmente son inmaduras a submaduras, de selección buena a moderadamente buena y con granos angulares a subangulares debido

a procesos diagenéticos (AALTO, 1972), lo cual no permite obtener conclusiones acerca del régimen ambiental a partir de estas características.

#### b. *Composición.*

Las areniscas son ortocuarcitas constituidas esencialmente de diversos tipos de cuarzo (AALTO, 1972) y escasos feldespatos (plagioclasa y microclina), que se presentan en las láminas de arenisca de las interestratificaciones de materiales finos y rara vez en los bancos de arenisca (ZAMARREÑO DE JULIVERT, 1962). Las micas (muscovita) y la glauconita son relativamente abundantes en la sección de Choachí; los minerales pesados son frecuentes (circón, turmalina, rutilo, anatasa, titanita: op. cit.) y dan lugar a laminación o moteamiento en las areniscas. Los constituyentes del cemento y la matriz son caolinita, carbonatos y óxidos de Fe: la primera es vermicular y diagenética; los óxidos son producto del último proceso diagenético que ha reemplazado parcialmente matrices y cementos, y el carbonato microsparítico ha sufrido recristalización intensa y encierra granos de cuarzo (AALTO, 1972: 335).

#### 2. *Rocas asociadas.*

En el área de Bogotá representan el 37.8%; son más abundantes en la parte media de la formación, en donde forman paquetes de igual espesor a las areniscas intercaladas y se mezclan en diferentes proporciones; así es frecuente observar lodolitas y arcillolitas interestratificadas en partes iguales, o capitas de lodolitas flotando en arcillolitas, o lodolitas compactas separadas por delgadas capitas de arcilla. Son de colores claros predominantes, en contraste a los oscuros de la sección de Choachí (gris oscuro a negro), con abundante materia orgánica y partículas carbonosas. Esporádicamente son muy silíceas y en raras ocasiones ocurren liditas. La parte de esta formación que aflora en Choachí corresponde al techo del conjunto L2 y todo el conjunto L3, incluyendo la porción más superior que se encuentra cortada por la Falla de Monserrate en la Q. El Higuerón y aflora en la vereda Barrancas.

### C - CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

1. Es notable la ocurrencia de materia orgánica y partículas carbonosas en algunos bancos de arenisca cerca a los planos de estratificación, introducidas por bioturbación a partir de los sedimentos finos alternantes, los cuales frecuentemente suelen asociar azufre y piritita (Choachí y La Calera).

2. Los nódulos fosfáticos, espículas, escamas y vértebras ocurren con menos frecuencia que en la Arenisca Dura, y las guijas arcillosas se presentan orientadas.

3. Los bancos de arenisca son mucho menos potentes que los de la Arenisca Dura, constituyen el 62.2%, son gruesos y predominan en las partes inferior y superior, mientras que a la parte media igualan a las rocas asociadas.

4. Las areniscas son de colores claros: blanco, gris o pardo amarillento, compactas en general y arcillosas en su totalidad.

5. Las interestratificaciones son marcadamente más arcillosas que silíceas.

6. La bioturbación interna en las areniscas es mínima y, por consiguiente, las estructuras internas están bien conservadas.

#### D - FIGURAS Y ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INORGANICAS

##### 1. *En las Areniscas.*

##### a. *Estructuras externas* (figuras).

Ocurren predominantemente ondulitas de corriente, megaóndulas y esporádicamente ondulitas de oscilación, de interferencia y moldes de acanaladura ("groove moulds").

Las ondulitas de corriente son notablemente de patrón recto y gradan a un patrón sinuoso o en catenaria (ALLEN, 1968, in BLATT et al. 1972); son asimétricas, de crestas muy continuas, angulares y con frecuencia empinadas. Las ondulitas de oscilación son simétricas con crestas redondeadas, rectas y continuas, de separación uniforme y con ramificaciones en forma de Y. Las de interferencia son compuestas y complejas en tal forma que en vista de planta las crestas intersectadas originan casi hexágonos (Láms. 8-9 a). Las megaóndulas (ALLEN, 1966: 160) son simétricas o solo ligeramente asimétricas, de crestas redondeadas o aplanadas, y de patrón más bien sinuoso a recto. Los moldes de acanaladura observados son largos, notablemente rectos y muy uniformes, y muestran la misma orientación de las ondulitas asociadas.

TABLA 3

#### ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INORGANICAS DE LA ARENISCA DE LABOR

##### 1. *En las areniscas:*

##### a. *Externas*

##### Ondulitas:

corriente  
oscilación  
interferencia.

## Megaóndulas.

### Marcas de corriente:

moldes de acanaladura ("groove molds").

#### b. *Internas*

Laminación paralela.

Estratificación ondulada y lenticular:

cruzada

gradada normal e inversa.

Lentes, cuñas, canales rellenos.

## 2. *En las limolitas, lodolitas y arcillolitas:*

#### a. *Externas*

### Marcas de corriente:

moldes espigados ("chevron moulds")

marcas frondescentes ("frondescient marks")

#### b. *Internas*

Laminaciones:

paralela

flaser

ondulada

lenticular.

Estratificación gradada, normal e inversa.

#### b. *Estructuras internas.*

En contraste a la Arenisca Dura, la Arenisca de Labor exhibe estructuras internas bien desarrolladas y preservadas. Se observa laminación paralela, estratificación ondulada y ondulada lenticular, estratificación cruzada y estratificación gradada además de capas en lentes, en cuña y rellenos de canal.

La laminación paralela está dada por láminas de minerales livianos de más o menos igual tamaño y orientados, intercaladas con láminas de minerales pesados (Lám. 9 b). Las láminas se disponen algunas veces paralelas al plano de estratificación y en otras dan lugar a estratificación cruzada, la cual también ocurre por alternancia de láminas de granos de tamaño ligeramente diferente. En general los conjuntos ("sets") de la estratificación cruzada son del tipo cuneiforme. En muchos bancos es posible observar estratificación ondulada que se hace más evidente hacia los contactos. Esta estratificación alcanza con frecuencia notable desarrollo, dando lugar a formas onduladas lenticulares con espesor entre 10 y 25 cm., separadas entre sí por capitas de arcilla

que siguen la misma ondulación (Lám. 7 b). Se observan, además, verdaderos lentes y cuñas de arenisca formando rellenos de canal (Lám. 7 b).

Esporádicamente se observa estratificación gradada normal de arena muy gruesa a arena fina, o inversa de limo a arena.

## 2. En las lodolitas, limolitas y arcillolitas.

### a. Estructuras externas (figuras).

Ocurren esporádicos moldes espigados ("chevron moulds") y marcas frondescentes ("frondescient marks", DZULYNSKI & WALTON, 1965). Los moldes espigados son rectos y más bien cortos. Las marcas frondescentes se observan como surcos y arrugas longitudinales alternantes, en donde los primeros son tan estrechos que parecen más bien líneas de separación de los arrugamientos y se abren en uno de los extremos. Es notable la ocurrencia de ondulitas de longitud de onda muy pequeña (Lám. 8 a) en estos tipos de sedimentos, lo cual constituye un caso paradójico con las predicciones teóricas (HARMS, 1969: 388).

### b. Estructuras internas.

Ocurren muy relacionadas y transicionales entre sí: laminación paralela, flaser, ondulada, ondulada lenticular y estratificación gradada, y se desarrollan entre las diferentes litologías: limolitas (a veces arenisca de grano muy fino), limolitas arcillosas, lodolitas, arcillolitas y arcillolitas silíceas.

## 3. Significado hidrodinámico de las estructuras.

La ocurrencia de ondulitas, megaóndulas, laminación paralela o cruzada en areniscas, y estratificación gradada, ondulada y lenticular, capas lenticulares y en cuña, y canales, indica condiciones hidrodinámicas muy variables en la depositación de esta unidad, y que tienden a ser más fuertes que débiles para la mayor parte de ella.

Ondulitas de corriente, de oscilación y de interferencia señalan un medio de sedimentación influido por corrientes y olas en condiciones de flujo tranquilo y más bajo que aquel que forma megaóndulas (PETTIJOHN, POTTER, SIEVER, 1972; ALLEN, 1966). La laminación en las areniscas en contraste a aquella que ocurre en lodos es producida rápidamente y por mecanismos que pueden ser el avance y retroceso del agua en las playas, especialmente para las láminas de minerales pesados, o por tracción de sedimentos por flujo continuo que forma "láminas planas" en el régimen superior de flujo (BLATT et al. 1972). Estratificación gradada normal, como también intercalaciones de arcillas en las areniscas señalan menudas notables en las corrientes.



Las estratificaciones ondulada y lenticular, tanto en areniscas como en interestratificaciones, indican una depositación a partir de suspensión con tracción subordinada.

Las capas lenticulares y en cuña, de granulometría gruesa, con fragmentos de fósiles y de arcillolitas representan corrientes muy fuertes que alcanzan a erodar en una parte y depositar en otra formando con frecuencia canales (KUKAL, 1971).

#### 4. *Paleocorrientes.*

Las paleocorrientes obtenidas para la Arenisca de Labor, en las Qs. La Vieja e Higuerón y carretera La Calera-Guasca, no presentan variaciones amplias y señalan un mismo sentido: S 78 W, sentido W, y N 45° W, sentido W, respectivamente (Fig. 10). Se tomaron en ondulitas de patrón recto y algunas marcas de corriente.

### E - ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS BIOGENICAS

#### 1. *Ocurrencia.*

En la Arenisca de Labor la bioturbación es relativamente escasa. Suele ser frecuente o abundante solamente en las porciones finas, principalmente hacia los contactos (Lám. 10), y no se observa en arcillolitas de cierta potencia. En el área de Choachí es más o menos intensa en algunas areniscas, evidente por la introducción del material carbonoso de las porciones infrayacentes en la parte inferior de las capas.

Existen en la formación 13 de las formas descritas para el Grupo Guadalupe (Fig. 11); en la sección de Choachí no se diferenciaron sino grandes madrigueras de *Thalassinoides* a causa de la escasa propiedad de los afloramientos para estudios ichnológicos.

#### 2. *Evaluación.*

Etológicamente, con criterios similares a los empleados en la Arenisca Dura, la bioturbación en la A. de Labor puede agruparse como sigue (Fig. 12):

Repichnia	61.30%
Domichnia	23.00%
Fodinichnia	15.20%

Las estructuras forman relieves llenos en un 83%. Su significado ambiental puede resumirse así:

1. La intensidad de bioturbación de la Arenisca de Labor (Fig. 11) revela una sedimentación predominantemente rápida, con cortos y rítmicos períodos de depositación lenta (FREY, 1971: 113-115), según la densidad de organismos horadadores.

2. El bosquejo etológico anterior supone capas con bajo contenido de materia orgánica, salvo algunas acumulaciones de grano fino, a las cuales se asocian organismos limófagos. En la sección de Choachí las interestratificaciones de grano fino están saturadas de materia orgánica carbonosa.

3. La bioturbación de los sedimentos finos nos habla de un medio de sedimentación aireado, propiedad que puede extenderse a toda la formación dadas sus características litológicas.

4. Las corrientes y, por consiguiente, la turbulencia parecen haber sido predominantemente fuertes durante la depositación de las areniscas con intervalos de tranquilidad que inicia con el desarrollo de ondulación hacia el techo de las capas, y se confirma por la presencia casi invariable de estructuras Repichnia delicadas y bien conservadas (Fig. 11, Anexo 1).

5. La estrecha asociación de las ichnofacies SKOLITOS y CRUZIANA (Fig. 12) revela un ambiente oscilante para la unidad, cuya máxima profundidad de sedimentación debió ser la parte interior de la asociación CRUZIANA: es posible un ambiente litoral a infralitoral; se observa, además, una huella de animal terrestre semipalmeado (ave o reptil?) hacia la parte media del conjunto L2 (Anexo 1, Lám. 28 b).

#### F - FAUNA Y EDAD

En la vereda Barrancas, 4.2 km. al N. de Usaquén, casi sobre la carrera séptima, a unos 20 m., estratigráficamente debajo de la Arenisca Tierna, dentro de arcillolitas gris violáceas y amarillentas, se colectó abundante fauna estudiada por DIANA GUTIÉRREZ, con los siguientes resultados (Anexo II):

1. *Cyprimeria depressa* CONRAD (más de 10 especímenes).
2. *Cyprimeria* cf. *coonensis* STEPHENSON (1 espécimen).
3. *Breviarca* sp. (10 especímenes).
4. *Etea* sp. (4 especímenes).
5. *Tellina equilateralis* MEECK & HAYDN (3 especímenes).
6. *Sphenodiscus* sp.
7. Ammonites indeterminado
8. ¿Resto de ave o de insecto?

DIANA GUTIÉRREZ (comunicación escrita, 1973) considera las tres primeras especies dentro de la fauna de "Breviarca A" (BURGL, 1957) de edad Maestrichtiano inferior; además, según STEPHENSON (1941), asigna a la primera especie, en la región del Golfo de México (USA), "... una dispersión estratigráfica del Taylor Marl al Navarro Group (Campaniano-Maestrichtiano)", y restringe *C. coonensis* al Navarro in-

ferior (Maestrichtiano inferior). Para las demás formas admite: *Etea* sp. género del Cretáceo; *Tellina equilateralis*, especie del Cretáceo superior; *Sphenodiscus* sp. género restringido al Maestrichtiano (según ARKELL, KUMMEL & WRIGHT, in MOORE, 1957). Como consecuencia propone que la edad de esta fauna no es más antigua que el Maestrichtiano inferior.

Además de la fauna colectada, UJUETA (1961: 39) cita *Exogyra* aff. *costata* SAY y *Trigonia* sp.

Como en la Arenisca Dura, aunque mejor desarrollados, existen horizontes (capas o lentes toscos) constituidos por numerosas cavidades de disolución de restos de conchas, asociados con guijas arcillosas disueltas. Su distribución es también local.

## G - FACIES

El ambiente de sedimentación de la Arenisca de Labor, por su composición litológica, estructuras sedimentarias y demás rasgos macroscópicos, guarda estrecha relación con el conjunto facial Arenisca Dura y Plaeners, aunque con características que le son típicas como el marcado predominio de una sedimentación en canales alternante con un depósito en llanuras mezcladas ("mixed flats"), cada uno de los cuales desarrolla sus estructuras típicas: lentes, cuñas, superficies erosivas, lechos de conchas y guijas arcillosas, estratificación cruzada en cuñas, ondulada de gran escala y laminación inclinada de minerales pesados, ausencia de bioturbación interna y canales rellenos, bien delimitados en los primeros (Láms. 7 b, 9 b) (BLATT et al., 1972; DICKINSON et al., 1972); sedimentos finos con estratificaciones y laminaciones de marca, estratificación gradada normal o inversa, arcillolitas con capas lenticulares de limo o arena, contactos abruptos entre areniscas y sedimentos finos, y notable bioturbación en las superficies de estratificación o abundantes huellas delicadas (Lám. 10), en las segundas. Relacionada con lo anterior está la alternancia de areniscas pobres en materia orgánica y sedimentos finos, ricos en ella (con frecuencia muy carbonosa como en Choachí), la cual suele contener sulfuros (pirita) y señala un ambiente más somero (KUKAL, 1971: 271, 272). A esta característica obedece también la estrecha asociación de las ichnofacies Skolitos y Cruziana.

Otras características, como "hard-grounds", ricas en óxidos de Fe y Mn, y también la huella de un animal terrestre semipalmeado y pequeño (Lám. 28 b), indican exposiciones subaéreas o una leve cubierta de agua y ceses temporales de la sedimentación durante el depósito de esta unidad. Megaóndulas con crestas aplanadas o redondeadas registran las corrientes de retiro e invasión durante el ciclo de marea.

La influencia de corrientes y olas en el ambiente es también muy marcada. Muy importante es la ocurrencia de ondulitas muy pequeñas en arcillas limosas (Lám. 8 a) típicas, hasta ahora de ambientes de marea (KUKAL, 1971: 275). La fauna, con formas delicadas y bien conservadas (algunas con valvas articuladas) en arcillolitas, señalan el ambiente tranquilo en la depositación de esta unidad.

En general, la profundidad de sedimentación de la Arenisca de Labor corresponde a la zona litoral a infralitoral, con una rata más rápida que aquella de la Arenisca Dura, con períodos cortos y recurrentes de sedimentación lenta y corrientes fuertes y turbulentas en el depósito de las areniscas.

## VI— FORMACION ARENISCA TIERNA

### A - DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA

#### 1. *Sección Tipo.*

La mejor exposición de la Arenisca Tierna se encuentra por la carretera de Bogotá a Choachí, en la bajada del Páramo del Rajadero. La sucesión es normal y continua de base a techo; consta predominantemente de areniscas de grano grueso a muy grueso en potentes bancos separados por finos paquetes oscuros de lodolitas, limolitas y arcillolitas interestratificadas, y reposa concordantemente sobre el último paquete de interestratificación de lodolitas y arcillolitas (19 m.) de la Arenisca de Labor. A partir de este paquete hacia arriba la granulometría es notablemente más gruesa que aquella de las areniscas de la unidad infrayacente y muestra estratificación cruzada mejor desarrollada. Su límite superior, concordante, se sitúa en las areniscas clorítico-glaucónicas de grano muy fino, intercaladas con arcillolitas negras algo carbonosas de la Formación Guaduas (Lám. 11 a).

Morfológicamente también se distingue de las otras formaciones del Grupo Guadalupe por su expresión topográfica de cerros bajos, especialmente en la Sabana de Bogotá, que dan lugar a afloramientos aislados y no completos de la unidad. El espesor total medido en la localidad tipo propuesta es de 49 m.

#### 2. *Sucesión litológica (Fig. 6).*

Hacia la base la Arenisca Tierna (los primeros 20 m.) está constituida por una intercalación de gruesos bancos de arenisca y menos gruesos de lodolitas (limo o arena muy fina + arcilla), y arcillolitas finamente interestratificadas; estos últimos desaparecen hacia el techo y se reducen a delgadas capas de arcillolita.

Las areniscas son arcillosas, rara vez limpias, de estratificación gruesa, compactación variable (2 a 3, a veces 4 en la base y predominantemente 4 en el techo), y color pardo amarillento a blanco. De grano grueso y muy grueso, con porciones conglomeráticas (grava fina) frecuentes y esporádicas de grano medio a fino; selección variable: predominantemente regular pero con sectores de selección mala y muy mala, en los cuales hay una mezcla de una gran variedad de tamaños de grano (desde fino o medio hasta grava gruesa) y bancos con selección buena. Característicamente no presenta nódulos fosfáticos, espículas o escamas de peces, y la glauconita es abundante. Las micas y minerales pesados son frecuentes en algunos bancos y escasos en otros. Es notable la alteración de la glauconita a óxidos de hierro que dan un moteado verdoso a pardo amarillento a las areniscas. Se observan también guijas arcillosas en algunas capas. Igualmente es característica la alternancia de bancos de arenisca con estratificación cruzada en cuñas y estratificación ondulada lenticular, en la parte superior de la formación, mientras que en la parte inferior los bancos de estratificación cruzada alternan con los de interestratificación, los cuales desarrollan laminación ondulada y ondulada lenticular (Lám. 14 a).

Las interestratificaciones están constituidas por lodolitas y arcillolitas. Las lodolitas se presentan como interlaminaciones paralelas, onduladas o lenticulares de limo o arena muy fina y arcilla; las láminas de arena o limo son de color blanco a pardo amarillento, mientras que las de arcilla son grises oscuras a negras. Se presentan en capas finas, son compactas, se fracturan en prismas y suelen pasar a arcillolitas. Ocurren micas y esporádicamente pequeñas concentraciones de glauconita. La materia orgánica carbonosa es abundante en estas capas, y a veces es posible observar manchas amarillo-verdosas de azufre. Es importante, hacia la base de algunas capas de arenisca, la ocurrencia de abundantes guijas angulares de las interestratificaciones infrayacentes.

Los ichnofósiles ocurren principalmente hacia los planos de estratificación y en las capas de arcillolita que separan los bancos de arenisca; en las interestratificaciones son comunes huellas delicadas de organismos (tracks).

## B - DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

### 1. Areniscas.

#### a. Textura.

La granulometría de las areniscas de esta unidad difiere de un banco a otro, de una lámina a otra, y aun dentro de una misma lámina como es de esperarse a partir de la ocurrencia de estratificación cruzada.

Aunque comprende un amplio rango de tamaños desde fino a medio, y grueso a muy grueso, con porciones de grava fina, los tamaños de grano grueso son predominantes y se encuentran en los bancos con estratificación cruzada, que son los de mayor espesor, mientras que las granulometrías finas ocurren en bancos delgados con estratificación ondulada (Lám. 13 b). La selección es en términos generales pobre. Texturalmente son inmaduras a submaduras y de granos subangulares por diagénesis intensa (AALTO, 1972), aunque es posible distinguir en los crecimientos secundarios la forma primitiva bien redondeada de los granos de cuarzo (ZAMARREÑO DE JULIVERT, 1962).

#### b. *Composición.*

Las areniscas son ortocuarcitas, constituidas esencialmente de diferentes tipos de cuarzo, destacándose el policristalino, cuya ocurrencia es más notable en esta unidad, dada su granulometría más gruesa (AALTO, 1972); igualmente son frecuentes los sobrecrecimientos. Los feldspatos son esporádicos (Z. DE JULIVERT, 1962) y las micas y minerales pesados se presentan en menor proporción que en la Arenisca de Labor; además de turmalina, circón, rutilo, anatasa y opacos derivados por alteración de los de titanio, ocurre broquita (op. cit.). La gluconita es abundante y se altera a limolita.

El cemento y la matriz son caolinita y óxidos de Fe de origen diagenético. Los últimos se disponen en forma diseminada o concentrados en ciertos puntos alrededor de los granos y dan aspecto moteado a las areniscas; el cemento calcáreo es notablemente raro, microspáritico, y ha sufrido recristalización (AALTO, 1972: 335).

#### c. *Compactación y color.*

En la sección de Choachí las areniscas son más o menos compactas en notable contraste con el área de la Sabana, en donde son muy friables. El color es variable: se encuentran areniscas muy blancas y areniscas pardas hasta casi rojizas, especialmente en el área de Bogotá.

#### 2. *Rocas asociadas.*

Los bancos de materiales finos interestratificados (lodolitas, limolitas y arcillolitas) representan sólo una pequeña proporción (12.9%) de la secuencia total, y prácticamente desaparecen al techo donde se reducen a delgadas capas de arcillolitas o arcillolitas y limolitas (0.8%). En la sección de Choachí están constituidas de láminas oscuras casi negras de material muy fino, rico en materia orgánica y residuos carbonosos, y láminas claras de material más grueso (limo o arena muy fina) que son las que aparecen en la Sabana separadas por finas capas de arcilla de color claro.

## C - CARACTERISTICAS ESPECIALES

Es importante destacar los siguientes rasgos de la Arenisca Tierna:

1. Las guijas arcillosas son abundantes, especialmente en el área de Bogotá, y se alinean paralelamente a la estratificación.

2. La notable ocurrencia de capas con guijas angulosas y redondeadas de los materiales interestratificados (lodolitas, arcillolitas, limolitas), fragmentos de conchas, vértebras de peces y otros restos en una matriz de arena gruesa (Lám. 11 b).

3. La ausencia de nódulos fosfáticos, espículas y escamas de peces posiblemente debido a su granulometría.

4. La marcada alternancia de bancos con estratificación cruzada y bancos con estratificación ondulada y lenticular (Lám. 13 b).

5. La ausencia de niveles lidíticos o muy silíceos.

## D - FIGURAS Y ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INORGANICAS

TABLA 4

### ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INORGANICAS EN LA ARENISCA TIERNA

#### 1. En las Areniscas:

##### a. Externas:

Ondulitas de corriente.

Megaóndulas.

Marcas de corriente:

Moldes de acanaladuras ("groove moulds")

Marcas de canalcillos ("rills marks").

##### b. Internas:

Estratificación cruzada en cuñas y cóncava.

Estratificación ondulada y lenticular.

#### 2. En las lodolitas, arcillolitas y limolitas:

##### a. Internas:

Laminaciones:

paralela

flaser

ondulada

ondulada lenticular.

Estratificación gradada normal e inversa.

## 1. *En las areniscas:*

### a. *Estructuras externas.*

Sólo ocurren ondulitas de corriente (Láms. 12 b, 13 a), megaóndulas, moldes de acanaladuras "groove moulds" (Láms. 12 a, 14 b) y marcas de canchillos ("rills marks"). Las ondulitas de corriente corresponden a un patrón sinuoso, a veces catenario; son asimétricas y de crestas casi aplanadas y continuas. Las megaóndulas son ligeramente asimétricas, sinuosas y de crestas redondeadas. Los moldes de acanaladura son rectos y algunos están curvados en uno de los extremos. Las marcas de canchillos se presentan como delgadas estriaciones o canales en un patrón trenzado muy semejante al de un río.

### b. *Estructuras internas.*

La más notable y conspicua es la estratificación cruzada (Lám. 12 a) de conjuntos en forma de cuña, o cóncavos, de escala grande (mayor de 5 cm., ALLEN, 1963) y con tamaño de grano que varía de grueso a muy grueso.

Se intercalan con estos bancos de estratificación cruzada bancos de arenisca de grano medio o fino (a veces grano muy fino o limolitas), con estratificación ondulada u ondulada lenticular que presentan formas lenticulares de una escala mayor que las observadas en la Arenisca de Labor, y aun se desarrollan lentes individuales hasta de 40 cm. de amplitud y más de 2 m. de longitud (Lám. 13 b).

## 2. *En limolitas, lodolitas y arcillolitas:*

### a. *Estructuras internas.*

No se observan estructuras externas. Las internas que ocurren en los bancos que se intercalan con las de estratificación cruzada son muy gradacionales entre sí e involucran todas las litologías, inclusive areniscas de grano muy fino. Estas son: estratificación gradada, laminación paralela, flaser, ondulada y lenticular, que se desarrollan en forma variable, dando lugar a formas lenticulares planas o gruesas, aisladas o conectadas lateral y/o verticalmente (Lám. 14 a). Hacia el tope de la formación estas estructuras son reemplazadas por formas onduladas y lenticulares, de mayor escala, en areniscas de grano fino o medio, interestratificadas con escasas y delgadas capitas de arcillolitas o lodolitas.

## 3. *Significado hidrodinámico de las estructuras.*

Las estructuras sedimentarias en la Arenisca Tierna indican condiciones de flujo y depositación variable. Las ondulitas y megaóndulas señalan condiciones de flujo ligeramente diferentes aunque tranquilas. Sin embargo, la presencia de moldes de acanaladura en areniscas de



grano grueso (Lám. 14 b) implica corrientes más fuertes, rápidas y turbulentas, que son capaces de arrastrar un objeto sobre el fondo por un trayecto más o menos largo produciendo acanaladuras continuas.

Bancos de arenisca de grano fino o paquetes de materiales finos, con estratificación ondulada y lenticular, y paquetes de estratificación cruzada de grano grueso y muy grueso, en cuñas o cóncava, señalan dos procesos de sedimentación diferentes. Las primeras estructuras resultan de la migración de trenes de ondulitas con una depositación, a partir de suspensión, de un volumen de sedimentos más grande que el mismo de la ondulita.

La estratificación cruzada señala una avalancha de sedimento sobre la pendiente de sotavento de ondulitas, dunas o microdeltas (sedimentation encroachment) que produce alternancia de tamaño de grano, cuando el movimiento de carga de fondo es a ratas bajas, o una avalancha continua que deposita sedimentos más gruesos en el tope de la lámina cruzada (BLATT et al., 1972). Por consiguiente, se presenta un aumento en la rata de sedimentación neta desde la laminación cruzada de contactos angulares a laminación cruzada cóncava, y finalmente a estratificación ondulada y lenticular (sedimentación por suspensión muy rápida y tracción muy lenta). Esta situación se repite en la misma forma y continuamente a través de la sucesión.

Las marcas de canalcillos son típicas de la región de la costa (SCHROCK, 1948); se forman cuando el nivel de marca baja y, por consiguiente, la tabla de agua, aunque más lentamente que aquella, y el agua intersticial dreña y forma riachuelos ("rills") superficiales (TREFETHEN & DOW, 1960).

#### 4. *Paleocorrientes.*

Las paleocorrientes en el Páramo del Rajadero y vereda Barrancas tienen aproximadamente la misma orientación, N 79° W (W) y N 49° W (NW), con sentido contrario a aquellas de la carretera a La Calera (vereda San Isidro), N 25° W, con sentido al SE. Las medidas se tomaron en ondulitas y marcas de canalcillos (Fig. 10).

### E - ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS BIOGENICAS

#### 1. *Ocurrencia.*

Con relación a la facies arenosa del Grupo Guadalupe, la Arenisca Tierna es la menos bioturbada. Salvo algunas madrigueras verticales que se observan en areniscas del área de Bogotá, y en la sección de Choachí la introducción de material carbonoso infrayacente conforme se describió para la Arenisca de Labor, la bioturbación se concentra a las porciones de grano fino (arcillolitas, limolitas, lodolitas) entre las

capas de arenisca (Lám. 15). En la sección del Páramo del Rajadero (Choachí) existen madrigueras particularmente grandes de *Thalassinoides* que no se observan en el área de Bogotá; allí, sin embargo, los afloramientos no son propicios para estudiar icnofósiles. Las estructuras biogénicas encontradas en la A. Tierna (Fig. 11, Anexo 1) son en su mayoría de diámetro pequeño o se trata de diferentes tipos de huellas, por lo regular delicadas.

## 2. Evaluación.

Funcionalmente la bioturbación puede tratarse como sigue:

Repichnia 70%

Domichnia 20%

Fodinichnia 10%

Las estructuras forman relieves llenos en un 70% (sin tener en cuenta el número de especímenes). Conforme se ha discutido para las demás formaciones, la bioturbación nos proporciona las siguientes evidencias:

1. La depositación de la Arenisca Tierna tuvo lugar en períodos de sedimentación rápida, turbulentos, con predominio de corrientes fuertes (*Arenicolites*: Anexo 1), que acumularon potentes capas de arenisca con estratificación cruzada bien desarrollada, apenas bioturbadas (*Arenicolites*, *Thalassinoides*), y con escaso o nulo contenido de materia orgánica, y períodos alternantes de depositación neta moderada, con corrientes suaves y sedimentación fina de capas profusamente onduladas, por lo regular muy bioturbadas y con abundantes y delicadas estructuras *Repichnia* bien conservadas. Los sedimentos finos son más o menos ricos en materia orgánica, especialmente en el área de Choachí, lo que permitió el desarrollo de organismos limófagos en un medio de escasa turbulencia.

2. Como en los casos anteriores la estrecha asociación de las ichnofacies SKOLITOS y CRUZIANA (Fig. 12) sugiere un ambiente litoral a infralitoral, lo cual, por sí mismo, implica un medio de sedimentación aireado.

## F - FAUNA Y EDAD

Salvo esporádicas conchas disueltas de lamelibranquios (moldes internos y externos mal conservados), no se observó fauna en esta formación. La edad se colige de suposición stratigráfica considerando que:

1. En el techo de la formación infrayacente se colectó fauna no más antigua que el Maestrichtiano inferior.

2. Para la Formación Guaduas (suprayacente) se determinó palinológicamente una edad Maestrichtiano, que incluye la parte más baja del Guaduas Superior en la Sabana de Bogotá (VAN DER HAMMEN, 1957: 195-198; 1958: 88).

Evidentemente, la Arenisca Tierna es también Maestrichtiano. ETAYO (1964: 38) considera las Areniscas de Labor y Tierna del Maestrichtiano medio. No obstante si la Arenisca de Labor es del Maestrichtiano inferior es preferible esta misma edad para la Arenisca Tierna, si bien durante el Maestrichtiano se depositó una gran parte de la Formación Guaduas como se deduce de lo dicho anteriormente.

#### G - FACIES

Las características petrográficas, estructuras sedimentarias y otros rasgos macroscópicos señalan para esta unidad un régimen de sedimentación algo diferente a aquel de la Arenisca Dura, pero enmarcado dentro del mismo ambiente fisiográfico, cuyas manifestaciones se notan a partir del conjunto superior de la Arenisca de Labor. En ella son determinantes los siguientes aspectos:

Una secuencia de características petrográficas y estructuras típicas de una sedimentación por migración lateral de canales meandriformes de marea (BLATT, 1972: 155): lechos de conchas, guijas arcillosas y conglomerados intraformaciones a la base de los bancos de estratificación cruzada, con frecuencia truncada, y depositados, en conjunto, por corrientes fuertes y turbulentas (Fig. 14 b); sobre ellos paquetes de estratificación ondulada (Láms. 11 b, 12 a, 13 b) muy bioturbados indican una sedimentación vertical (suspensión) con poca influencia de la tracción, y con períodos de tranquilidad que permitieron el desarrollo de abundante bioturbación hacia las superficies de estratificación (Lám. 15).

En la base existe una alternancia de estas condiciones con otras de sedimentación más tranquila y mezclada que deposita materiales finos laminados (Lám. 14 a), muy ricos en materia orgánica carbonosa (Choachí) y con abundantes huellas delicadas en los planos de estratificación. Con estas condiciones alternas se relaciona la estrecha asociación de las ichnofacies Skolitos y Cruziana.

Paleocorrientes bipolares o a 90° en ondulitas, y megaóndulas con crestas aplanadas o redondeadas, señalan las corrientes opuestas en el ciclo de marea (KUKAL, 1971: 275).

## VII — ANALISIS AMBIENTAL Y TECTOSEDIMENTOLOGIA DEL GRUPO GUADALUPE

Los sedimentos del Grupo Guadalupe se depositaron, en forma alternante, en un ambiente litoral y sublitoral interior como se colige de la estrecha asociación de las ichnofacies Skolitos y Cruziana (Figs. 12, 13). Las estructuras inorgánicas y biogénicas señalan ciclos de depósito que inician con el predominio de la tracción que acumula areniscas, seguida por corrientes menguantes que determinan sedimentos mezclados ricos en materia orgánica; finalmente suspensión dominante que deposita finas capas de arcilla. En su iniciación cada ciclo asocia bentos filtrador que implica mayor velocidad de deposición e intensidad en la turbulencia; posteriormente se presenta bentos limófago a medida que aumenta el contenido de materia orgánica al hacerse más tranquilo el medio.

El ambiente se enmarca fisiográficamente en una llanura de marea (Fig. 14) con características litológicas, inorgánicas y biológicas bien definidas (Figs. 7-12, Anexo I). Se destacan sedimentos finos y arenas bioturbadas o con estructuras internas. Los primeros están constituidos por limos, arcillas y lodos interestratificados o interlaminados en diferentes formas, gradacionales entre sí, y con estructuras típicas como flaser, ondulada, ondulada lenticular y microóndulas. Las arenas bioturbadas señalan una sedimentación en llanuras de arena ("Sand Flats"), mientras que las arenas con estructuras internas, tales como estratificaciones ondulada, lenticular, cruzada, gradada, capas con lentes de conchas y guijas arcillosas, y capas en lentes y cuñas, indican una sedimentación en canales (Lám. 7 b); ondulitas de corriente, oscilación e interferencia y megaóndulas muestran un medio influido por corrientes y olas (Fig. 9). Es prominente la intensa bioturbación en los planos de estratificación (Láms. 5, 10, 15), o estructuras biogénicas delicadas en los materiales finos con escasa horadación.

Paleocorrientes marcadamente opuestas o a 90° señalan las corrientes de invasión y retiro de marea y corrientes a lo largo de la costa (Fig. 10).

Composicionalmente los sedimentos se caracterizan por abundante contenido de materia orgánica asociada a los materiales finos y en menor cantidad sulfuros (pirita), y nódulos o restos fosfáticos en sedimentos finos y arenas. Son importantes también los minerales pesados, en láminas paralelas o inclinadas (Lám. 9 b), la glauconita y las micas en las areniscas (Fig. 8).

Períodos de exposición subaérea o de una cubierta de agua muy delgada, al concluir los ciclos de marea están registrados en los "hard-grounds" y en algunas huellas de animales terrestres (Lám. 28 b).

Es posible enmarcar el depósito de cada una de las formaciones dentro de algunos subambientes de la llanura de marea:

- Las características faciales de la Arenisca Dura corresponden en su mayor parte a un ambiente de llanura de arena ("sand flat") alternante con intervalos de depositación en llanuras de sedimentos mezclados ("mixed flats") y esporádicos períodos de sedimentación lodosa ("mud flats") (REINECK, 1972).

En los Plaeners predomina un depósito de "llanuras de lodo" ("mud flats") (Fig. 14 a) con intervalos menores de sedimentación mezclada o arenosa. La unidad representa, por consiguiente, un intervalo de sedimentación lodosa mucho mayor y más uniforme en el suministro de material que aquellos de la Arenisca Dura, y sus características faciales señalan un ambiente más somero.

En el depósito de la Arenisca de Labor la sedimentación de canales jugó un papel tan importante como la depositación de sedimentos mezclados, y puede determinarse un predominio de la primera en las partes inferior y superior extrema; no obstante las areniscas intercaladas en la parte media poseen muchas características de sedimentación en canales, lo cual implica para esta parte una alternancia en la depositación de sedimentos mezclados y de canales (Fig. 5). La transición de los Plaeners a esta unidad es gradual a través de una secuencia alternante de sedimentos mezclados y arenosos.

Estas condiciones continuaron hasta comienzos de la sedimentación de la Arenisca Tierna y variaron hacia su parte media y superior en donde predominan condiciones de sedimentación lateral por migración de canales (Fig. 14 b) y suministro de material más grueso, que implica un aumento en las condiciones energéticas del medio.

De las características faciales del Grupo se deduce un notorio aumento, de base a techo, en la velocidad de depositación y condiciones energéticas netas del medio (bioturbación, Fig. 11; granulometría, Fig. 7; estructuras sedimentarias, Fig. 9), y con ella una disminución neta en el contenido de materia orgánica manifiesta en la disminución del porcentaje de bentos limóforo.

La sedimentación de una secuencia potente como el Grupo Guadalupe en llanuras someras implica necesariamente una subsidencia de la cuenca. La sucesión litológica (Figs. 3-6) indica una alternancia rítmica en el depósito, explicable por invasión recurrente del mar hacia la costa en subsidencia periódica, o pulsaciones energéticas de las corrientes de marea bajo una subsidencia continua.

Esta situación se sostiene para todo el Grupo Guadalupe, y aun para la base de la Formación Guaduas, como se colige de la sucesión

estratigráfica detallada de JULIVERT (1963 a, Fig. 2) en el área de Tunjuelito.

El incremento en el tamaño de grano de las areniscas (Fig. 7) a través de la secuencia, con granulometría ya notablemente gruesa en la Arenisca Tierna, y la ocurrencia ubicua de capas de carbón en la base del Guaduas, indican un levantamiento paulatino del continente que determina la regresión en los comienzos de la sedimentación del Guaduas cuya sucesión desde la Arenisca Tierna corresponde a una secuencia regresiva, según el modelo de REINECK (1972: 151).

T A B L A 5

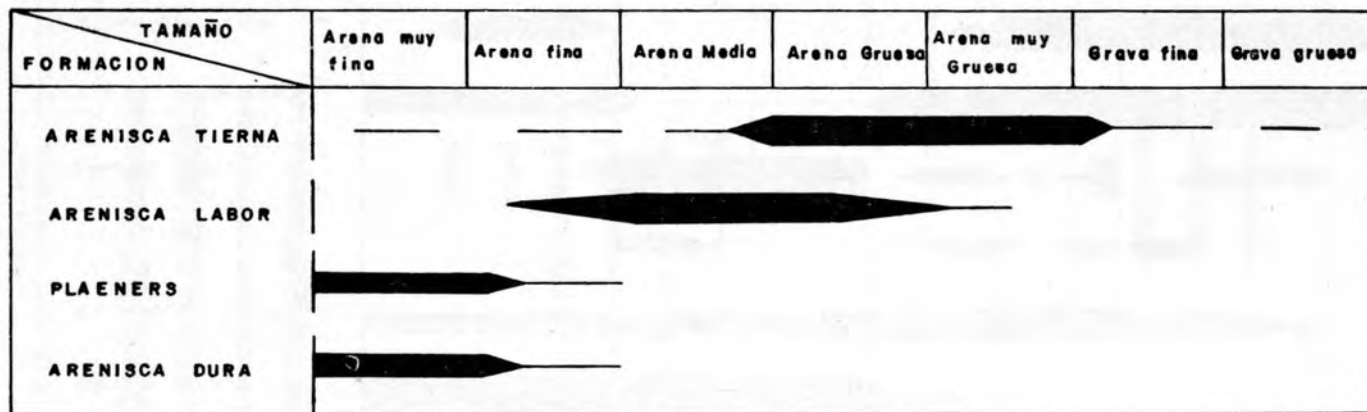
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS LITOLOGIAS EN LAS DIFERENTES FORMACIONES

	<i>A. Dura</i>	<i>Plaeners</i>	<i>A. de Labor</i>	<i>A. Tierna</i>
Areniscas . . . . .	63.8	4.6	62.16	86.3
Limolitas . . . . .	8.7	18.1	0.80	—
Arcillolitas . . . . .	3.0	41.6	4.69	0.8
Liditas . . . . .	3.2	20.6	—	—
Interestrat, finas . . . . .	21.3	15.1	32.35	12.9

T A B L A 6

DISTRIBUCION DE PALEOCORRIENTES EN EL GRUPO GUADALUPE (AZIMUTES)

	<i>Arenisca Dura</i>	<i>Arenisca de Labor</i>	<i>Arenisca Tierna</i>
Choachí . . . . .	117.0°		281.0°
Guadalupe . . . . .	225.0°		
Alto del Cable . . . . .	188.0°		
Quebrada La Vieja, Q. Híguerón.		258.0°	
Carretera a La Calera . . . . .	360.0°	314.0°	141.0°
Barrancas . . . . .			311.0°



Grava fina 2 - 16 mm.

Grava gruesa 16 - 64 mm.

FIG. 7. Comparación granulométrica de las areniscas del Grupo Guadalupe

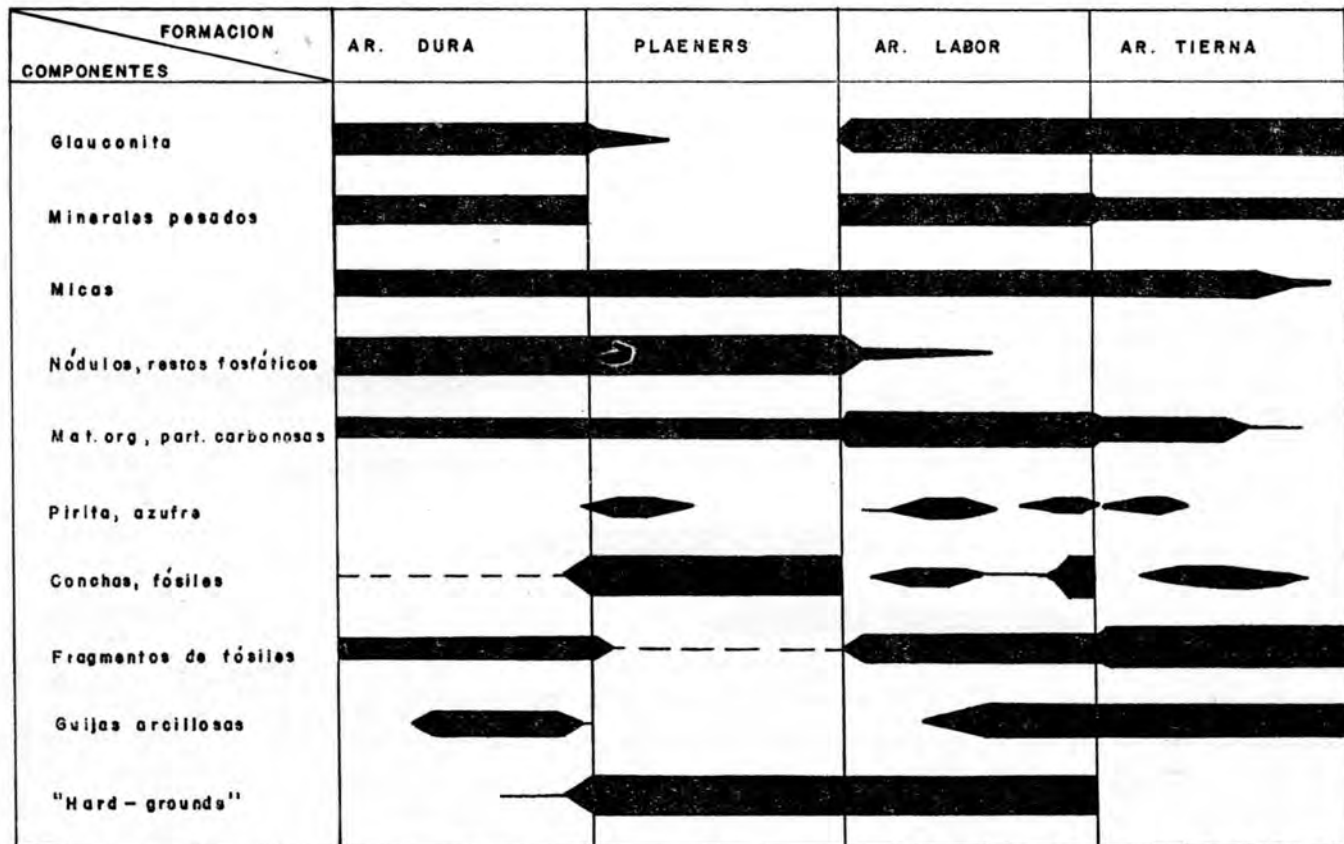


FIG. 8. Distribucion y frecuencia de componentes particulares en las rocas del Grupo Guadalupe



FORMACION		AR. DBRA	PLAENERS	AR. LABOR	AR. TIERNA
FIGURA Y ESTRATIFICACION					
ONDULITAS	Corriente				
	Oscilación				
	Interferencia				
	Megaóndula				
MARCAS DE CORRIENTE	Turboglifos				
	Moldes de canal.				
	Moldes de rebote				
	Moldes espigados				
	Frondecentes				
	Canelillos				
ESTRATIFICACIONES	Ondulada				
	Lenticular				
	Cruzada				
	Gradada				
	Lentes				
	Cuñas				
	Lentes de conchas				
	Canales rollenos				
LAMINACIONES	Paralelo				
	Flaser				
	Ondulada				
	Lenticular				

FIG 9 Distribución y abundancia de estructuras sedimentarias inorgánicas en el Grupo Guadalupe

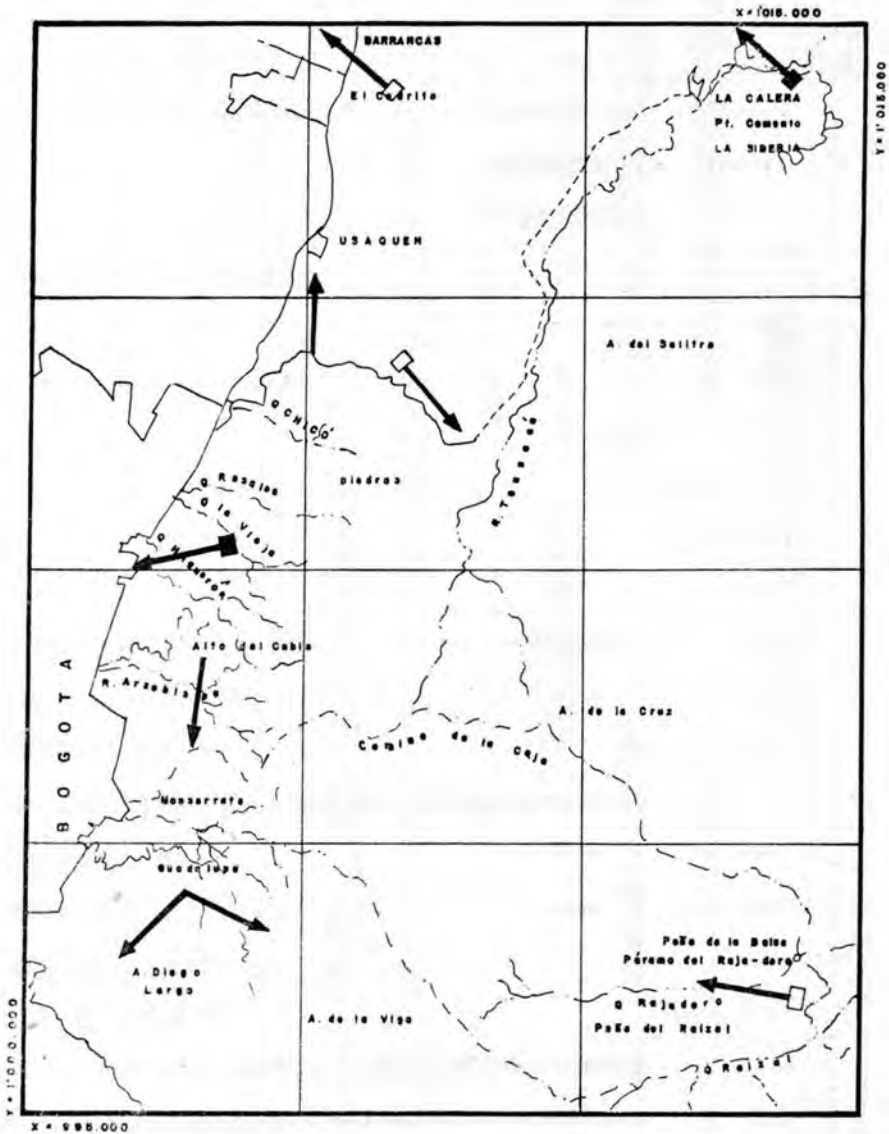


Fig 10 Mapa de paleocorrientes del Grupo Guadalupe

LEYENDA

Direccion de Corriente

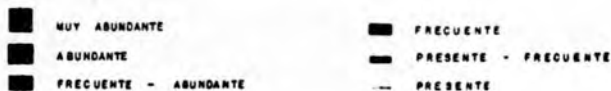
- A. Dura
- A. Labor
- A. Tierra

- Carretera
- Carreteable
- Camino
- Quebrada

Escala 1:100.000

FORMACION CONJUNTO ICHOFAUNA	ARENISCA DURA									PLAENERS	LABOR - TIERRA				
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	7	D8	D9		P	L1	L2	L3	T
	<i>ARENICOLITES SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—		—	?	—	—	—
<i>ARTHROPHYCUS SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>CROSSOPODIA SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>CYLINDRICHNUS SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	—	—	—	—	
<i>FRAENA SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	
<i>LAEVICYCLUS SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>PLANOLITES SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	?	?	?	—	
<i>PROTOVIRGULARIA SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>RHIZOCORALLIUM SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	—	—	—	—	
<i>RHYZOPHYCUS SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>SCOLICIA SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	—	
<i>THALASSINOIDES SP.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	—	—	—	—	
<i>VERMIGLIFOS</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>REPICHNIA (GORDIA)</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	—	—	—	?	
<i>CUBICHNIA</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>DOMICHNIA</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	—	?	—	
<i>FODINICHNIA</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>REPICHNIA</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>COPROLITOS</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
INTENSIDAD DE BIOTURBACION	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

FIG 11 DISTRIBUCION ESTRATIGRAFICA CUALITATIVA DE LA ICNOFAUNA DEL GRUPO  
GUADALUPE



ICHOFAUNA	CLASIFICACION						FACIES		LITOLOGIA ASOCIADA						ABUNDANCIA		
	CUBICHNIA	REPICHNIA	PASCICHIA	FODINICHNIA	DOMICHNIA	COPROLICHNIA	SKOLITOS	CRUZIANA	ORIENTACION	RELIEVE	A. Muy gruesa	A. gruesa	A. Media	A. Fina		A. Muy fina	Limo
<i>ARENICOLITES SP.</i>					X		X			O		X	X	X			
<i>ARTHROPHYCUS SP.</i>	X								X	-	O				X	X	
<i>CROSSOPODIA SP.</i>	X							⊙ ⊙	-	D					X	X	
<i>CYLINDRICHNUS SP.</i>	X					X		X	-	O		X	X	X			X
<i>FRAENA SP.</i>	X							X	-	O					X	X	
<i>LAEVICYCLUS SP.</i>					X			⊙ ⊙		O					X	X	
<i>PLANOLITES SP.</i>			X				X	X	/	O		⊙ ⊙		X	X	X	
<i>PROTOVIRGULARIA SP.</i>	X							⊙ ⊙	-	D					X	X	X
<i>RHIZOCORALLIUM SP.</i>			X					X	-	O							X
<i>RHYZOPHYCUS SP.</i>	X							X	-	D					X	X	
<i>SCOLICIA SP.</i>	X							⊙ ⊙	-	D					X	X	
<i>THALASSNOIDES SP.</i>			⊙	X			X	X	/	O	X	X	X	X	X	X	X
<i>VERMIOLIFUS</i>	X					⊙	⊙	⊙	-	O					X	X	
<i>REPICHNIA (GORDIA ?)</i>								⊙	-	O					X	X	
<i>CUBICHNIA</i>								⊙	-	D					X	X	
<i>DOMICHNIA</i>								⊙ ⊙	/	O		X	X	X	X		
<i>FODINICHNIA</i>								X	/	O							X
<i>REPICHNIA</i>								⊙ ⊙	-	D				X	X	X	X
<i>COPROLITOS</i>							X	X		O				X	X	X	X

FIG. 12 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS ICHNOFOSILES DEL GRUPO GUADALUPE

LEYENDA O = CARACTERISTICAS NO BIEN DEFINIDAS  
ORIENTACION EN LA CAPA:  
 | = PERPENDICULAR  
 - = PARALELO  
 / = EN TODAS DIRECCIONES  
RELIEVE:  
 O = LLENO  
 D = SEMI-RELIEVE

## ICHNOFACIES

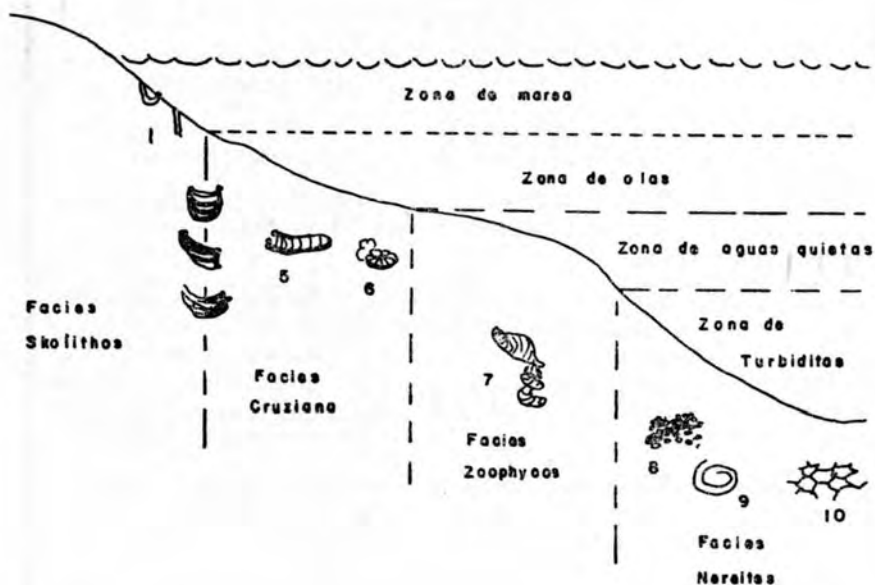


Fig. 13. Distribución batimétrica de las comunidades icnofósiles

1. Arenicolites, 2. Corophicoides, 3. Teichichnus, 4. Phycodes, 5. Rhizocorallium  
 6. Bergaueria y Solicyclus, 7. Zoophycos, 8. Nereites, 9. Cerasophycus,  
 10. Paleodictyon. Modificado de SEILACHER (1964 in KUKAL, 1971)

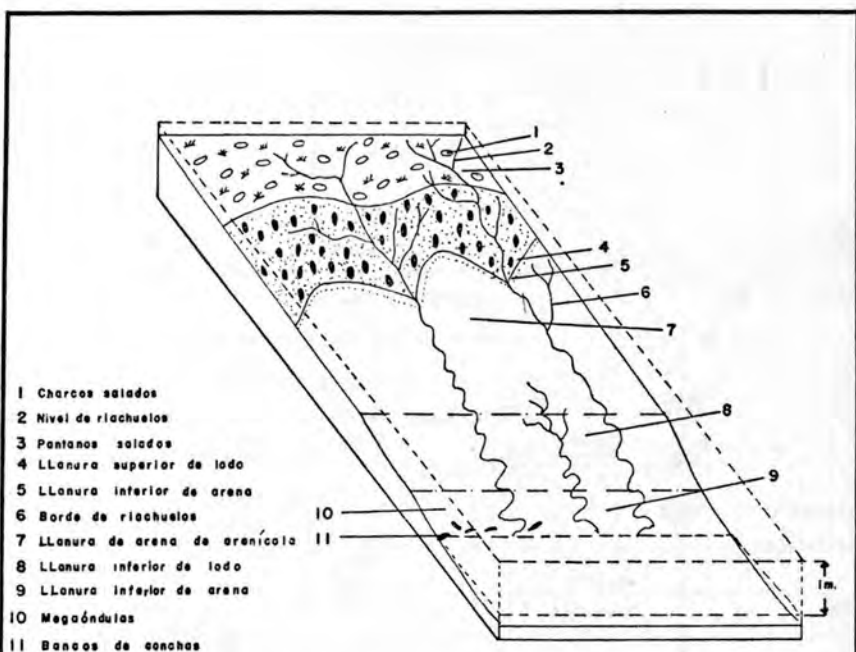


Fig. 14a. Esquema idealizado de una llanura de marea y sus subambientes  
 (Tomado de KUKAL, 1971)

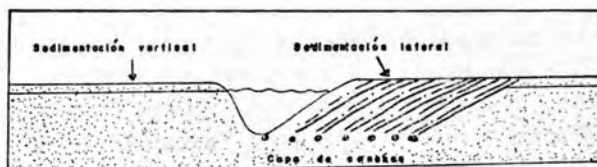


Fig. 14b. Mecanismo de sedimentación vertical y lateral en una llanura de marea  
 (Tomado de BLATT et al, 1972)

## BIBLIOGRAFIA



- AALTO, K. R., 1972. Diagenesis of Orthoquarzites near Bogotá, Colombia, *Jour Sed Petrol*, v. 42, n. 2, p. 330-340, figs. 1-11, Tulsa.
- ALLEN, J. R. L., 1963. The Classification of Cross-stratified Units with notes on their Origin, *Sedimentology*, n. 2, p. 93-114, figs. 4, tab. 1, Amsterdam.
- 1966. On Bed and Paleocurrents, *Sedimentology*, n. 6, p. 153-190, figs. 22, tbs. 6, Amsterdam.
- BANDEL, K., 1967. Trace Fossils from two Upper Pennsylvanian Sandstones in Kansas, *The University of Kansas Paleontological Contributions*, paper 18, pp. 13, figs. 3, lams. 4, Lawrence, Kansas.
- BLATT, H., MIDDLETON, G., MURRAY, R., 1972. Origin of Sedimentary Rocks, pp. 634, *Prentice-Hall, Inc.*, New Jersey.
- BOUMA, A. H., 1962. Sedimentology of Some Flysch Deposits. A graphic Approach to Facies Interpretation, pp. 168, *Elsevier Pub. Co.*, Amsterdam.
- BROMLEY, R. G., 1967. Some Observations on Burrows of Thalassinoidean Crustacea in Chalk Hardgrounds, *Quarterly Journal, Geological Society London*, v. 123, p. 157-182.
- BÜRGL, H., 1959. Estratigrafía y Estructura de la Región entre Chía y Tenjo, Cundinamarca (Rev. del Inf. 1299). *Serv. Geol. Nal. Inf.* 1331, pp. 10, Planchas 2, Bogotá (inédito).
- 1961. Sedimentación Cíclica en el Geosinclinal Cretáceo de la Cordillera Oriental de Colombia, *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 7, N. 1-3, p. 85-118, Figs. 9, Bogotá.
- CAMPBELL, C. J., 1962. A guide book describing a section through Cordillera Oriental of Colombia, between Bogotá and Villavicencio, *Col. Soc. Petr. Geol. Geoph.* IV annual field conference, pp. 28, mapa 1, figs. 3, Bogotá.
- DICKINSON, K. A., BERRYTHILL, JR. AND HOLMES, C. W., 1972. Criteria for Recognizing Shorelines in the Stratigraphic Record, in: RIGBY, J. K., and HAMBLIN, Wm. K., (Editors). - Recognition of Ancient Sedimentary Environments, *Soc. Econ. Paleon. Mineral, Spec. Pub.* n. 16, p. 192-214. Figs. 14, Tulsa.
- DZULYNSKI, S., WALTON, E. K., 1965. Sedimentary Features of Flysch and Greywackes, *Developments in Sedimentology*, n. 7, pp. 274, Amsterdam.
- ETAYO, F., 1964. Posición de las Faunas en los Depósitos Cretácicos Colombianos y su valor en la subdivisión Cronológica de los mismos. *Boletín de Geología UIS*, ns. 16-17, pp. 142, Figs. 8, Bucaramanga.
- FREY, R. W., 1970. Trace Fossils of Fort Hays Limestone Member of Niobrara Chalk (Upper Cretaceous), West-Central Kansas, *The University of Kansas Paleontological Contributions*, Article 53 (Cretaceous 2), pp. 41, figs. 5, trs. 4, Lawrence.
- 1971. Ichnology - The Study of Ancient and Recent Lebensspuren, in: PERKINS, B. F. (Editor). - A Field Guide of Selected Localities in Pennsylvanian, Permian, Cretaceous, and Tertiary Rocks of Texas and Related Papers, *Trace Fossils*, p. 91-125, figs. 21, trs. 4, Baton Rouge.

- FREY, R. W. and HOWARD, J. D., 1970. Comparison of Upper Cretaceous Ichnofaunas from Siliceous Sandstones and Chalk, Western interior Region, USA, in: CRIMES, T. P. and HARPER, J. C. (Editors). - *Trace Fossils*, p. 141-166, figs. 8, tr. 1, Baton Rouge.
- GUBLER, Y. et al., 1966. Essai de Nomenclature et Caractérisation des principales Structures Sedimentaires, *Chambre Syndicale de la Recherche et la Production du Pétrole et du Gaz Naturel*, Edit. Technic., pp. 291, figs. 195, Paris.
- HANTZSCHEL, W., 1962. Trace Fossils and Problematica, in: MOORE, R. C. (Editor). *Treatise on Invertebrate Paleontology*, part. W, Miscellanea, *University of Kansas*, p. W177-W-249.
- HATTIN, D. E. and FREY, R. W., 1969. Facies Relations of CROSSOPEDIA Ich., a Trace Fossil from the Upper Cretaceous of Kansas, Iowa, Oklahoma, and Oklahoma, *Journal of Paleontology*, v. 43, n. 6, p. 1435-1440, fig. 2.
- HARMS, J. C., 1969. Hidraulic Significance of some Sand Ripples, *Geol. Soc. America Bull.*, v. 80, p. 393-396, Boulder, Colorado.
- HECKEL, P. M., 1972. Recognition of Ancient Shallow Marine Environments, in: RIGBY, J. K. and HAMBLIN, Wm. K. (Editors). Recognition of ancient Sedimentary Environments, *Soc. Econ. Paleont. Mineral, Spec. Pub.*, n. 16, p. 226-286, Tulsa.
- HETTNER, A., 1892. La Cordillera de Bogotá, Resultados de viajes y estudios, Primera versión castellana de E. GUHL, *Edición del Banco de la República*, diciembre de 1966, pp. 239, Bogotá.
- HUBACH, E., 1933. Columna Estratigráfica en la Cordillera Oriental, fajas Interior y Oriental de la Cordillera en Cundinamarca y Boyacá. *Bol. Minas y Petróleos*, ns. 49-54, p. 123, Bogotá.
- 1957a. Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia, *Inf. 1212, Inst. Geol. Nal.*, pp. 166, Bogotá (inédito).
- 1957b. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y Alrededores, *Bol. Geol. Inst. Geol. Nal.*, v. 5, n. 2, p. 93-112, mapa 1, columnas 2, Bogotá.
- JULIVERT, M., 1962a. Estudio sedimentológico de la Parte Alta de la Formación Guadalupe, al E. de Bogotá (Cretáceo Superior), *Boletín de Geología UIS*, n. 10, p. 25-55, figs. 12, láms. 6, Bucaramanga.
- 1962b. La estratigrafía de la Formación Guadalupe y las Estructuras por Gravedad en la Serranía de Chía (Sabana de Bogotá), *Boletín de Geología UIS*, n. 11, p. 5-21, mapa 1, figs. 4, Bucaramanga.
- 1963a. Estratigrafía y sedimentología de la parte interior de la Formación Guaduas, al S. de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental, Colombia). *Boletín Geológico UIS*, n. 12, p. 85-99, figs. 5, Bucaramanga.
- 1963b. Los rasgos tectónicos de la Región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de Formación de las Estructuras, *Boletín de Geología UIS*, ns. 13-14, p. 5-104, figs. 31, fotos 4, Bucaramanga.
- 1968. Lexique Stratigraphique International. V. V. Fascicule 4A, Colombie, pp. 651, Paris.
- KARSTEN, H., 1856. La situación geognóstica de la Nueva Granada, *Trad. Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, v. VII, n. 27, p. 361-380. 1 mapa. 1 fig. Planchas 5. Julio de 1947, Bogotá.
- KLEIN, G. V., 1970. Depositional and Dispersal Dynamics of Intertidal Sandbars, *Jour. Sed. Petrol.*, v. 40. P. 1095-1127, Tulsa.



- KRUMBEIN, W. C. and SLOSS, L. L., 1963. *Stratigraphy and Sedimentation*, W. H. Freeman & Co. Second Edition, pp. 660, San Francisco.
- KUKAL, Z., 1971. *Geology of Recent Sediments. Acad. Publ., House Czechoslovak Acad. Scien.*, pp. 490, Praga.
- MCLAUGHLIN, D. H. y ARCE, M., 1969. Mapa geológico del cuadrángulo K-11, "Zipaquirá", Colombia, *Ingeominas*, Bogotá.
- MACSOTAY, O., 1967. Huellas problemáticas y su valor paleoecológico en Venezuela, *Geos* N. 16, p. 7-79, lám. 18, Caracas.
- PETTJOHN, F. J., POTTER, P. E. and SIEVER, R., 1972. *Sand and Sandstone. Springer-Verlag*, pp. 618, fig. 258, Berlín.
- REINECK, H. E., 1972. Tidal Flats, in: RIGBY, J. K. and HAMBLIN, Wm. K. (Editors). *Recognition of Ancient Sedimentary Environments, Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Pub.*, n. 16, p. 146-159, figs. 7, Tulsa.
- et al., 1970. *Das Watt, Verlag von Waldemar Kramer & Co.*, pp. 142, Frankfurt.
- REINECK, H. E. and WUNDERLICH, F., 1968. Classification and origin of flaser and Lenticular Bedding, *Sedimentology*, v. 11, p. 99-104, Amsterdam.
- RENZONI, G., 1962. Apuntes a cerca de la Litología y Tectónica de la zona al Este y Sureste de Bogotá, *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. X, ns. 1-3, p. 59-80, planchas 1, Bogotá.
- 1968. Geología del Macizo de Quetame, *Geología Colombiana*, n. 5, p. 75-127, mapa 1, figs. 6, tbs. 2, Bogotá.
- SCHLOZ, W., 1972. Zur Bildungsgeschichte der Oolithenbank (Hettangium) in Baden-Württemberg. *Arb. Inst. Geol. Paleont. Univ. Stuttgart*, N. F. 67, p. 101-212, figs. 40, lám. 18, Stuttgart.
- SEILACHER, A., 1967. Bathymetry of Trace Fossils. *Marine Geology*, v. 5, p. 413-428, figs. 4, Láms. 2, Amsterdam.
- SHROCK, R. R., 1948. *Sequence in Layered Rocks. McGraw-Hill & Co.*, pp. 507, New York.
- STANLEY, D. J. and BOUMA, A. H., 1964. Methodology and Paleogeographic Interpretation of Flysch Formations: A Summary of studies in the Maritime Alps. In: A. H. BOUMA and A. BROUWER (Editors), *Turbidites. Development in Sedimentology*, v. 3, p. 34-64, Amsterdam.
- STUTZER, O., 1926. Contribución a la Geología de la Cordillera Oriental, Regiones cerca de Bogotá. *Publ. CEGOC*, Tomo 11, p. 141-182, Bogotá, 1934.
- TREFETHEN, J. M. and DOW, R. L., 1960. Some Features of Modern Beach Sediments, *Jour. Sed. Petrol*, v. 30, p. 589-602, figs. 22, Tulsa.
- UJUETA LOZANO, G., 1961. Geología del Noreste de Bogotá, *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.* v. IX, ns. 1-3, p. 23-46, mapa 1, fotos 7, láms. 7, figs. 5, Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1957. Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá. *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 5, n. 2, p. 189-203, planchas 3, Bogotá.
- 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos. *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. VI, ns. 1-3, p. 67-128, planchas 7, Bogotá.
- ZAMARREÑO DE JULIVERT, I., 1962. Estudio Petrográfico de la parte alta de la Formación Guadalupe (Cretácico superior) al E. de Bogotá. *Boletín de Geología UIS*, n. 10, p. 55-68, láms. VI, Bucaramanga.

## ANEXO I

### DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS BIOGENICAS DEL GRUPO GUADALUPE

Las estructuras biogénicas del Grupo Guadalupe se encuentran generalmente bien conservadas en areniscas, limolitas y capas delgadas de arcilla, preferencialmente hacia los contactos litológicos. No se observan dentro de lodolitas y arcillolitas de cierta potencia y en las lilitas.

Todas ellas se enmarcaron dentro de dos grandes categorías:

a. Estructuras por horadación que forman relieves llenos tipo endichnia y exichnia. Las primeras son casi siempre más compactas que la roca huésped; no obstante existen capas tan bioturbadas que no es posible individualizar estructuras. El relleno de las madrigueras es macroscópicamente homogéneo con los sedimentos de la capa huésped. Las estructuras exichnia se presentan muy endurecidas, con relleno de sedimentos de la capa suprayacente. El endurecimiento de ellas se debe en algunos casos a enriquecimiento anómalo de hematita; generalmente el relleno presenta gran porosidad por disolución de pelitas fecales, características poco o nada sobresalientes en las estructuras endichnia.

b. Estructuras por raspado, arado, huellas, caminos de huellas, etc., las cuales son estructuras superficiales del tipo epichnia o hypichnia. Las primeras son semi-relieves positivos o negativos (FREY, 1971: 101) y su molde constituye las estructuras hypichnia; estas estructuras se encuentran bien conservadas en lodolitas, arcillolitas, limolitas y areniscas de grano fino a muy fino, a no ser que hayan sido borradas por deslizamiento de las capas entre sí. Las estructuras epichnia e hypichnia correctamente interpretadas ayudan a determinar techo y base de los estratos.

Con excepción de un ejemplar que permitió clasificación a nivel específico, las demás se hicieron a nivel genérico, y para los propósitos del presente estudio, tales clasificaciones proporcionan información muy valiosa; algunos autores reconocen que clasificaciones muy detalladas por lo regular oscurecen el panorama (FREY & HOWARD, 1970: 157).

#### ESTRUCTURAS CON NOMBRE FORMAL

##### 1. Ichnogénero ARENICOLITES Salter 1857.

*Arenicolites* sp.

Ichnofacies SKOLITOS.

Ambiente: Sedimentos litorales a sublitorales.

Localidad tipo: Formación Arenisca Dura, conjunto D8, por el carreteable al Alto del Cable (N. 1.004.100, E. 1.002.980).

Ocurrencia: Presentes a frecuente.

Dispersión Estratigráfica: Se observa interrumpidamente en todo el Guadalupe, excepto en la Formación Plaeners.

Litología: La estructura se observa en arenisca de granulometría y selección variables (arenas finas a gruesas); se conserva mejor en areniscas de grano medio a fino, bien seleccionadas.

Clasificación descriptiva: Estructuras intraestratales no bifurcadas, en forma de U, no desarrolla "spreiten", relleno equivalente con los sedimentos de la roca huésped. Algunas estructuras se profundizan hasta 40 cm. dentro de las capas, aunque no se observó todo su tamaño. El diámetro de las perforaciones es más o menos uniforme y oscila entre 0.8 y 1.5 cm. La madriguera se presenta perpendicular o ligeramente inclinada respecto al plano de estratificación. Forma relieves llenos.

Clasificación Etológica: Madrigueras de habitación, Domichnia.

FREY & HOWARD (1970, p. 149) describen la estructura en areniscas cuarzosas de grano muy fino a medio, con estratificación cruzada de grande y pequeña escala, y selección relativamente buena. La estructura también es descrita por HANTZSCHEL (1962, p. w183-w-184).

## LÁMINA 16.

### 2. Ichnogénero ARTHROPHYCUS Hall 1852.

#### *Arthropycus* sp.

Ichnofacies CRUZIANA, parte interior o más próxima a la costa.

Ambiente: Infralitoral a circalitoral en aguas relativamente turbulentas.

Localidad Tipo: Formación arenisca Dura, conjunto D1, por el carreteable al Alto del Cable (N: 1.004.030, E: 1.003.250).

Dispersión Estratigráfica: Se observó solamente en el conjunto D1.

Ocurrencia: Presente a frecuente.

Litología: La estructura aparece en limolitas y areniscas limpias de grano muy fino, bien seleccionadas, compactas, laminadas, con algo de estratificación gradada.

Clasificación descriptiva: Estructura predominantemente superficial, anillada, a veces bifurcada, replegada superficialmente en forma de S o U, más o menos apretada. Es difícil observar la estructura completa, por lo regular se presenta fragmentada. Cuando penetra dentro de la capa alcanza profundidades muy someras. Los diámetros de las

madrigueras oscilan entre 0.7 y 1.0 cm. Forma relieves llenos con material de relleno homogéneo con los sedimentos de la capa huésped.

Clasificación Etológica: Según SEILACHER (in FREY, 1971, p. 98) corresponde a madrigueras de reptación de ambientes intermedios: Repichnia.

FREY & HOWARD (1970, p. 149) los estudiaron en una arenisca cuarzosa, arcillosa, de grano muy fino y selección pobre, en capas masivas o con laminación cruzada. También reportan los mismos autores estructuras semejantes en calizas.

GUBLER, Y. et al. (1966, p. 175), describe la misma estructura con el nombre de HARLANIA Goppert 1852.

#### LÁMINA 17.

### 3. Ichnogénero CROSSOPODIA M'Coy 1851.

#### *Crossopodia* sp.

Ichnofacies: Significado ambiental poco obvio.

Ambiente: Desde sedimentos fluviales y transicionales hasta depósitos de mar abierto.

Localidad Tipo: Formación Arenisca Dura, conjunto D7, por el carretable al Alto del Cable (N: 1.004.080, E: 1.003.020).

Ocurrencia: Abundante.

Dispersión Estratigráfica: Conjunto D7 de la Arenisca Dura.

Litología: Se encuentra la estructura en limolitas o areniscas de grano muy fino, arcillosas, grises claras, con frecuente laminación paralela o laminación cruzada. En estas rocas es común el fracturamiento en prismas.

Clasificación descriptiva: Semirrelieve, corresponde a los típicos relieves de clivaje. Constituye un camino formado por un arado o raspado central a cuyos lados se disponen ordenadamente las huellas de los pies del organismo. En conjunto la estructura se parece a una hoja de helecho. Se conserva perfectamente tanto el camino como su molde (estructuras epichnia e hypichnia); la amplitud de la estructura oscila entre 0.4 y 0.6 cm.

Clasificación Etológica: Rastros de reptación, Repichnia.

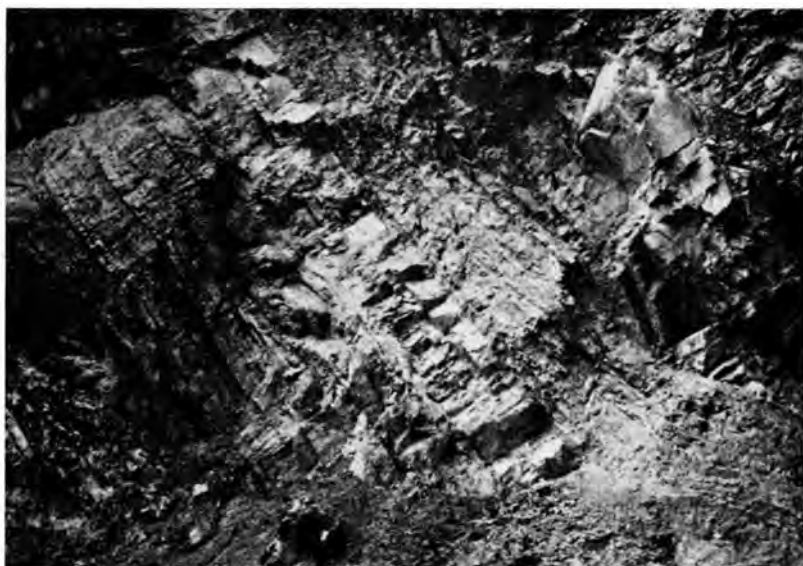
HATTIN & FREY (1969) describen la estructura en 10 localidades de diferente ambiente que corresponden, en términos generales, a sedimentos terrígenos de grano fino a muy fino, o a rocas carbonatadas.

#### LÁMINA 18.

### 4. Ichnogénero CYLINDRICHNUS Bandel, 1967.

#### *Cylindrichnus* sp.

LAMINA 1



a. Panorámica de la base de la Arenisca Dura; los conjuntos profusamente estratificados suelen ser silíceos y laminados (laminaciones de marea). Conjunto D1, Q. Rosales.



b. Estratificación ondulada típica de la Arenisca Dura (escala 7 cm.). Conjunto D7, Alto del Cable.

LAMINA 2



a. Laminación ondulada y ondulada lenticular por alternancia de láminas limolíticas y lodosas. Conjunto D1, Q. Rosales.



b. Laminación ondulada con porciones onduladas lenticulares hacia la parte superior. A la parte inferior derecha es evidente la destrucción de la laminación por bioturbación. Conjunto D1, Q. Rosales.

LAMINA 3

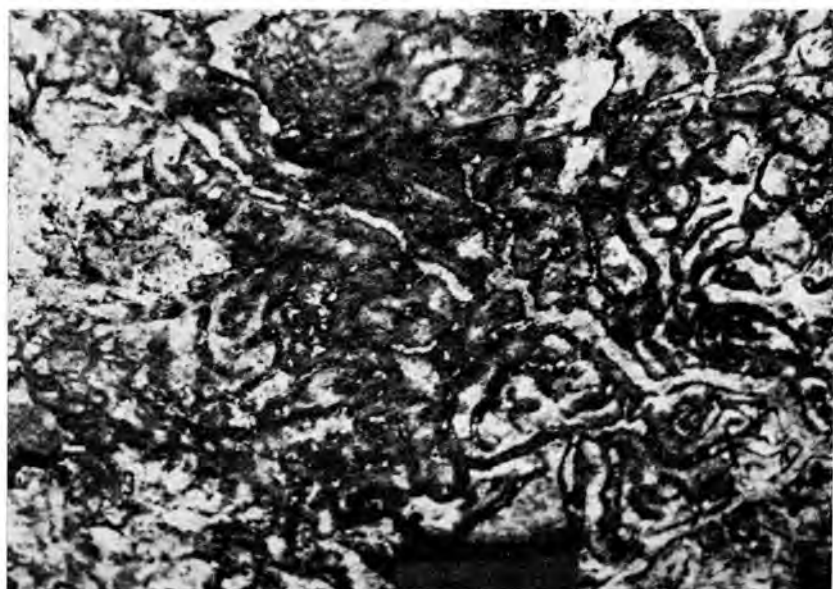


a. Moldes de rebote delicados y orientados; se asocian también moldes de estructuras biogénicas. Conjunto D5, Alto del Cable.

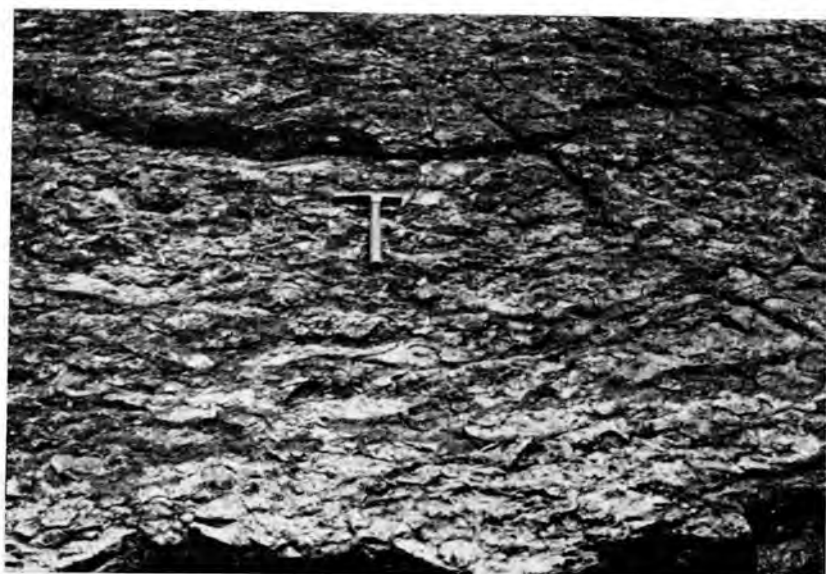


b. Bioturbación intensa por organismos limófagos (*Rhizocorallium* y otros fodi-nichnia) en capas ricas en materia orgánica. Es notable la gran porosidad de los relieves por disolución de heces fecales. Conjunto D3, Alto del Cable.

LAMINA 4



a. Moteamiento producido por ferruginización del contacto entre la ichnoforma y la roca huésped. Rodado, Q. Rosales.



b. Intensa bioturbación por estructuras *Domichnia* hacia los contactos de las areniscas. Se observan remanentes de ondulación destruida por actividad de los organismos. Conjunto D2, Alto del Cable.





Bioturbación intensa de *Thalassinoides* hacia los planos de estratificación.  
a. Nótese el arreglo típico en forma de malla.

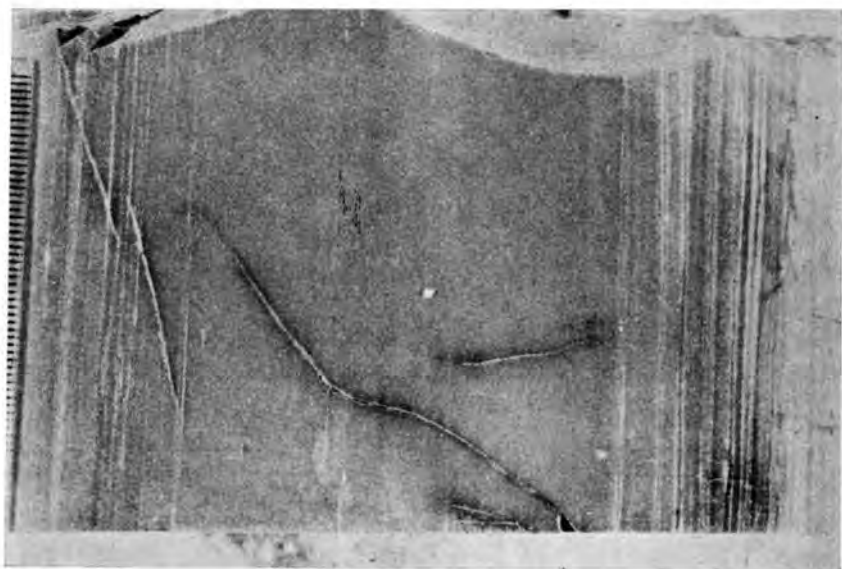


b. Detalle: obsérvese la estructura de habitación al extremo de la escala. Es notable la porosidad de los relieves por disolución de heces fecales. Rodado, carretera al Alto del Cable.

LAMINA 6



a) Contacto entre la Arenisca Dura y los Plaeners, carretable al Alto del Cable (secuencia invertida).



b) Laminación paralela en liditas de la Formación Plaeners. Las láminas claras son de limo muy silíceo. Camino a la Estación de La Cuchilla (Usaquén).

LAMINA 7

a. Vista parcial de la secuencia invertida de la Arenisca de Labor. Nótese a la base el contacto con los Plaeners, el predominio de paquetes blandos o profusamente estratificados a la parte media (L2), y parte del conjunto L3 al techo. Q. El Higuérón.



b. Conjunto L3 invertido; es notable la abundancia de estratificación ondulada, lenticular y superficies erosionales que definen canales. Q. El Higuérón.



a. Microondulitas de patrón recto a sinuoso en arcilla limosa; han sido reportadas solamente en llanuras de marea (escala en mm). Q. La Vieja.



b. Ondulitas asimétricas de patrón recto o levemente sinuoso. Q. El Higuérón.

LAMINA 9



a. Ondulitas de interferencia. Q. El Higueroón.



b. Laminación de minerales pesados. Las láminas están inclinadas respecto al plano de estratificación. Conjunto L3, Q. El Higueroón.

LAMINA 10



Bioturbación de *Thalassinoides*, vermiglifos y algunos *Rhizocorallium*, predominante hacia los contactos. Rodado, Q. El Higerón.

LAMINA 11

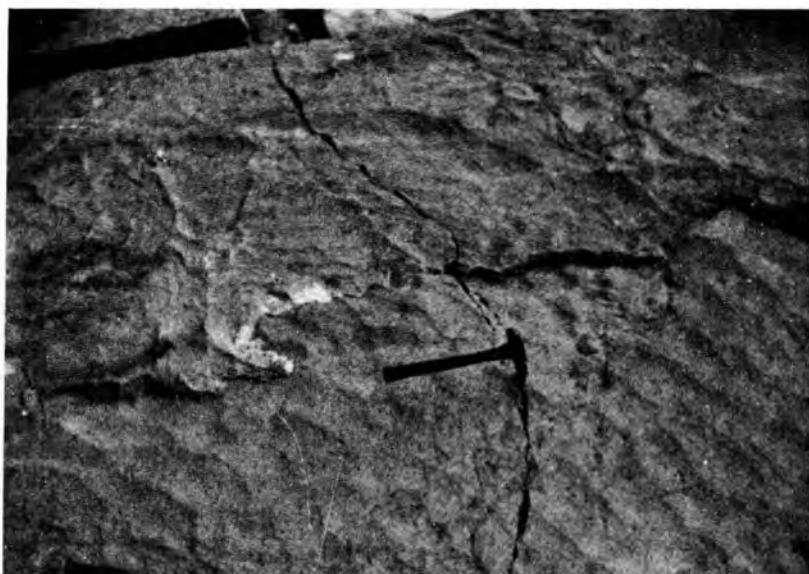
a. Detalle del contacto entre la Arenista Tierna y la Formación Guaduas. Es notable el contraste entre los bancos potentes de la primera y las interstratificaciones de arenisca y lodolita carbonosa del Guaduas. Páramo del Rajadero, carretera Bogotá-Choachí.



b. Lechos de conchas y guijas arcillosas disueltas comunes en sedimentos de fondo de canal. Vereda San Isidro, carretera a La Calera.



a. Estratificación cruzada truncada por capa, en cuya base se observan megaóndulas.  
Vereda San Isidro, carretera a La Calera.



b. Ondulitas asimétricas de patrón situoso. Vereda San Isidro, carretera a La Calera.



LAMINA 13



a. Ondulitas asimétricas de patrón en catenaria. Vereda San Isidro, carretera a La Calera.



b. Sucesión típica de la Arenisca Tierna; a la base de la capa con estratificación cruzada se observa un lecho de guijas y conchas. El conjunto superior de granulometría fina, presenta estratificación ondulada bien desarrollada y abundante bioturbación hacia los contactos litológicos. Vereda San Isidro, carretera a La Calera.

LAMINA 14



a. Laminación ondulada a ondulada lenticular, y lenticular, formada por láminas alternantes de lodo rico en materia orgánica y láminas de limo. Páramo del Rajadero, carretera Bogotá-Choachí.



b. Moldes de acanaladura en areniscas de grano grueso a muy grueso. Vereda San Isidro, carretera a La Calera.



Aspectos de la bioturbación en los sedimentos finos de la Arenisca Tierna:  
a. Hábito de distribución de los vermiglifos (escala 7 cm.). Vereda San Isidro.



b. Bioturbación muy abundante de vermiglifos y otros repichnia, característica de los planos de estratificación. Vereda San Isidro, carretera a La Calera.

LAMINA 16

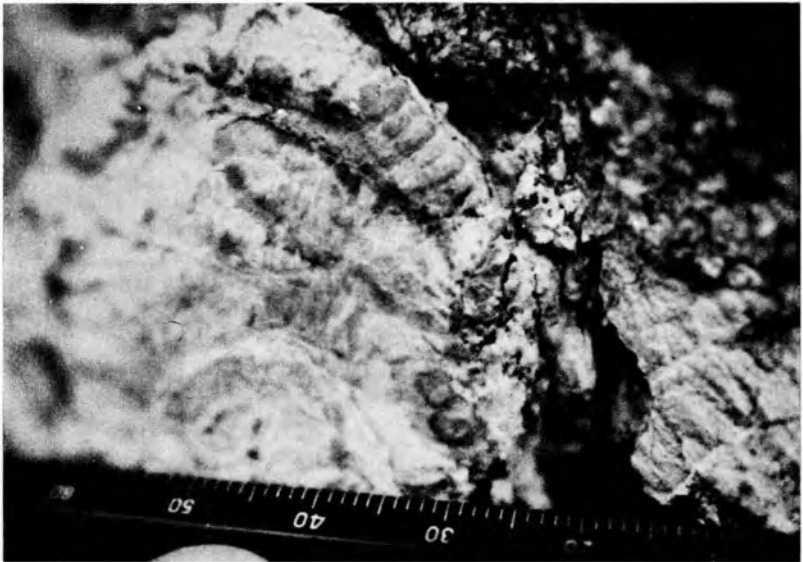
*Arenicolites* sp.

a. Estructura endichnia en capa de arenisca. Arenisca Tierna, camino del Meta.



b. Aspecto superficial de una capa muy bioturbada por *Arenicolites*. La densidad que exhibe la bioturbación en esta capa es excepcional. Vereda San Isidro, carretera a La Calera.

LAMINA 17



*Arthropycus sp.* Escala en mm. Conjunto D1, Arenisca Dura, Alto del Cable.

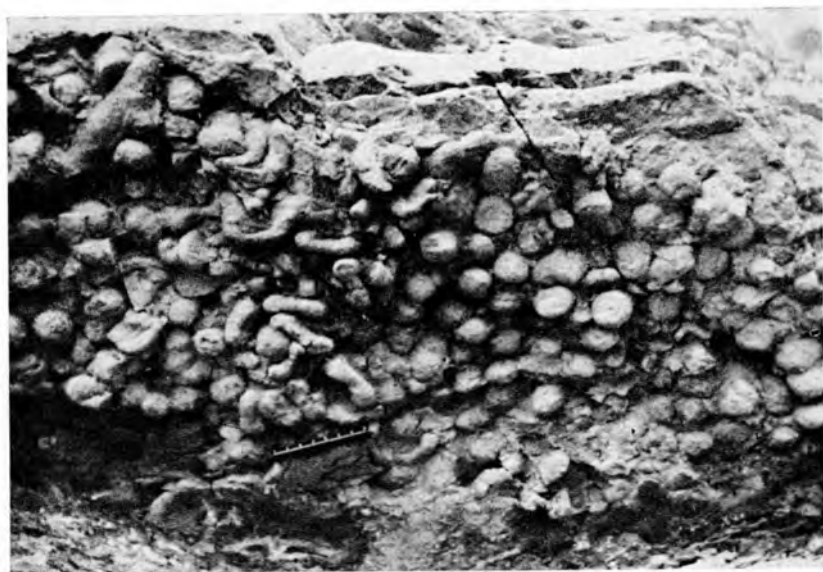


*Crossopodia* sp.

a. Estructura epichnia.



b. Molde o estructura hypichnia. Conjunto D7, Arenisca Dura, Alto del Cable.



a. *Cylindrichnus* sp. Cerro de Guadalupe, Arenisca Dura.



b. *Fraena* sp. Estructura asociada con vermiglifos, la cual se caracteriza por dos madrigueras paralelas y tangenciales. Conjunto LI, Arenisca de Labor, Q. La Vieja.

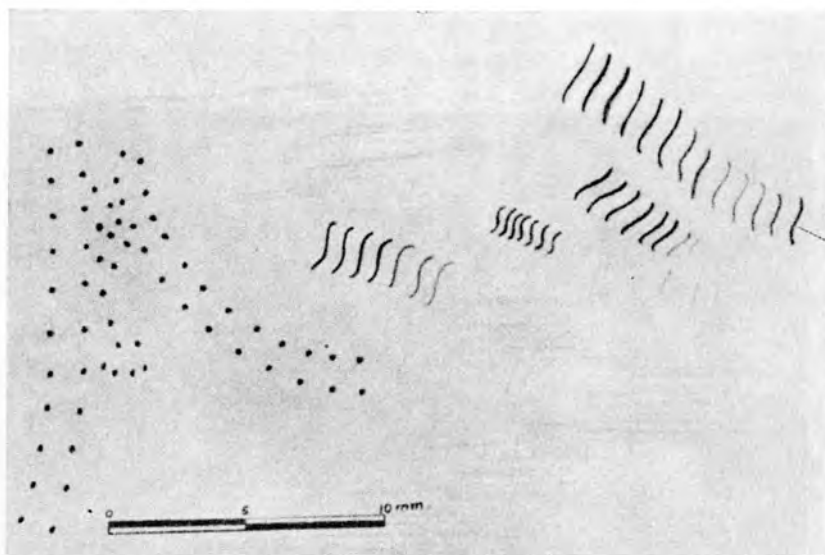


a. *Laevyciclus* sp. Nótese la "aurcola" que se dispone alrededor de la madriguera central. Conjunto D1, Arenisca Dura, Alto del Cable.



b. *Planolites* sp. Nótese su trazo predominantemente rectilíneo, las curvaturas suaves al penetrar las capas y la escasa tendencia a la bifurcación. Conjunto D1, Arenisca Dura, Alto del Cable.





a. *Protovirgularia* sp. asociada con caminos de huellas muy pequeñas. Esquema ilustrativo.

b. *Rhizocorallium* sp. Hábito típico de la estructura; nótese el desarrollo del "spreiten" y la intensa porosidad del relieve. Conjunto L3, Arenisca de Labor, Q. El Higuero.





a. *Rhizophycus* sp. Nótese el arreglo helicoidal de los espinazos de la estructura. Conjunto D1, Arenisca Dura, Alto del Cable.

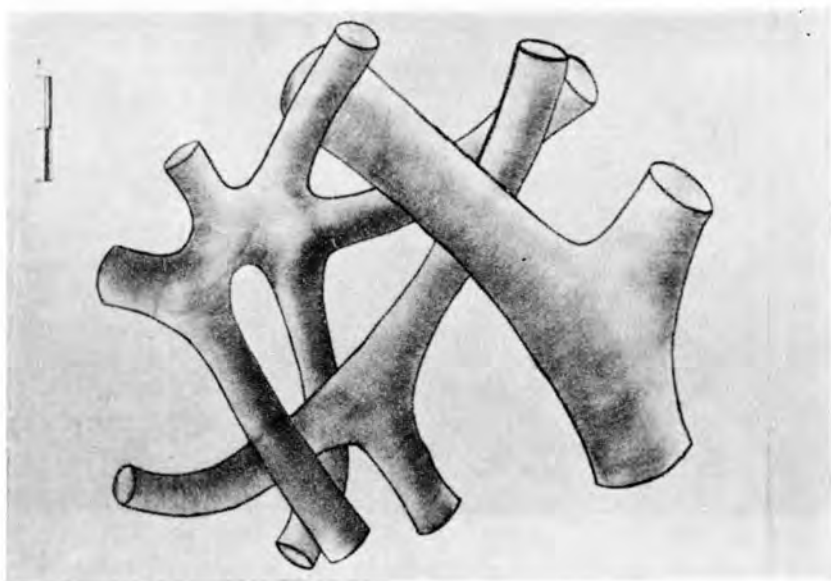


b. *Scolicia* sp.: remanente de la estructura en el extremo izquierdo inferior de la foto. Asociados a ella se observan vermiglifos y algunos coprolitos. Conjunto L3, Arenisca de Labor, Q. El Higuerrón.



*Thalassinoides* sp.

a. Nótese la intensa porosidad de los relieves por disolución de residuos fecales.  
Rodado de la Arenisca Dura, carretera al Alto del Cable.



b. Ilustración de la distribución espacial de las madrigueras.



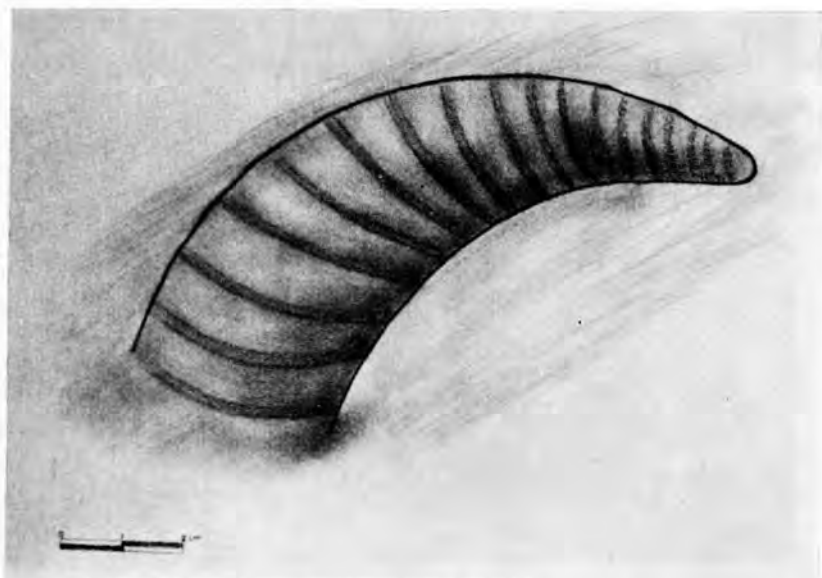
a.



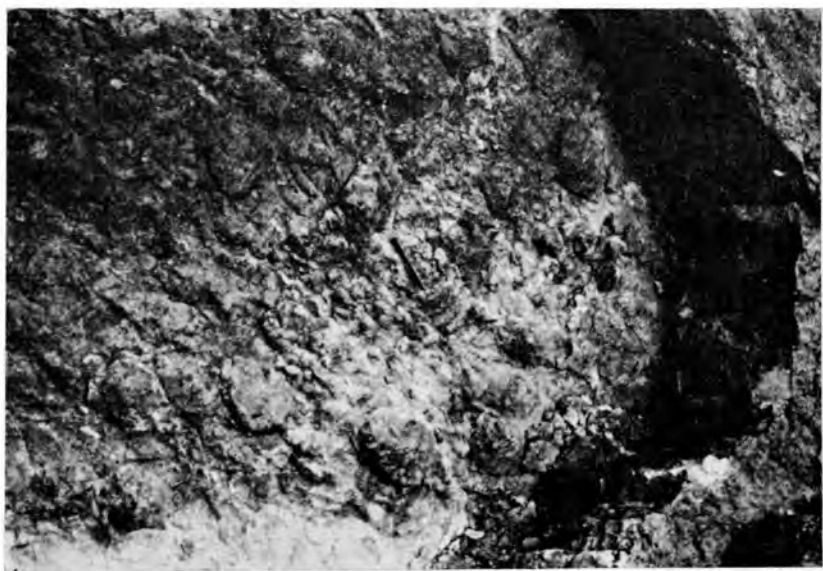
b. Vermiglifos. Es notable la profusa bifurcación y traslape de las estructuras, lo que permite postular un origen a partir de heces fecales. Conjunto L3, Arenisca de Labor, Q. El Higuérón.



a. *Repichnia* (?), Gordia. Estructura típicamente sinuosa; está asociada a *Planolites* y esferillas fecales (escala 7 cm.). Conjunto L2, Arenisca de Labor, Q. La Vieja.



b. *Cubichnia*. Ilustración de una estructura observada en el conjunto D1 de la Arenisca Dura, Alto del Cable.



Domichnia. Aspecto de las cámaras también llamadas "estructuras de criadero". En la foto *b* es notable el alineamiento de las estructuras. Conjunto D2, Arenisca Dura, Alto del Cable.



a. Fodinichnia de aspecto espiralado asociado a *Rhizocorallium* (escala en mm.). Es notable la intensa porosidad de los relieves. Conjunto D2, Arenisca Dura, Alto del Cable.



b. Huellas problemáticas delicadas en areniscas de grano muy fino, asociadas con algunas marcas de rebote. Conjunto D5, Arenisca Dura, Alto del Cable.



a. Estructura repichnia simple y gigante en la superficie de una capa de la Arenisca Tierna. Vereda Barrancas, Usaquén.

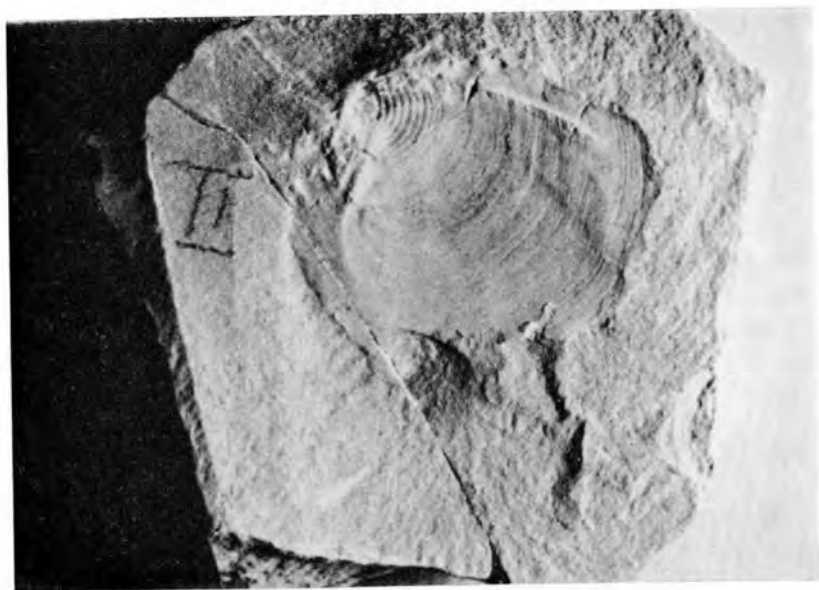


b. Huella de animal terrestre semipalmeado (?), ave o reptil pequeño. Conjunto L2, Arenisca de Labor, Q. La Vieja.





a. *Cyprimeria depressa* CONRAD (1.6X).



b. *Cyprimeria cf. coonensis* STEPHENSON (1.6X).



a. *Breviarca* sp. (2.8X).



b. *Etea* sp. (1.6X).

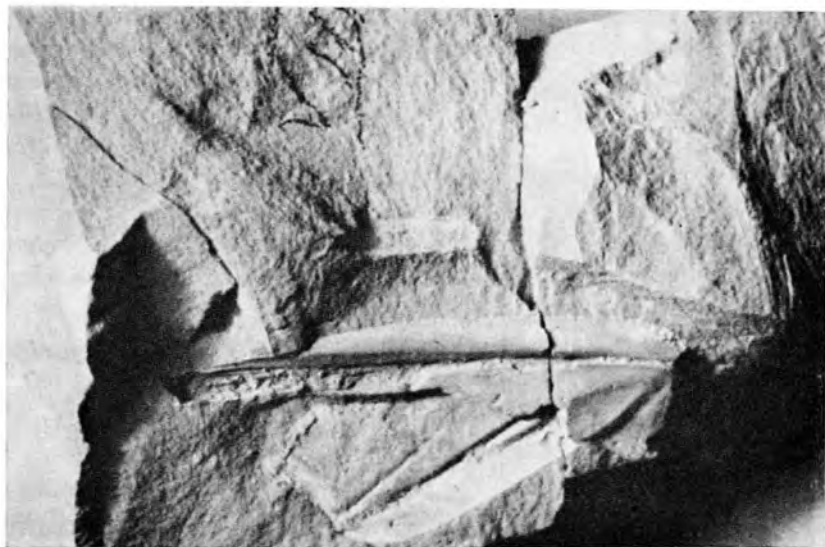


a. *Tellina equilateralis* MEEK & HAYDN (2.0X).



b. *Tellina equilateralis* (1.6X)

LAMINA 32



a. Huella de (?) ave o insecto (1.5X).

**Ichnofacies:** CRUZIANA.

**Ambiente:** Litoral o de aguas someras.

**Localidad Tipo:** Formación Arenisca Dura, conjunto D4, por el carretable al Alto del Cable. Muy buena exposición se observa también por el carretable que del Cerro de Guadalupe baja hasta la carretera Bogotá - Choachí (N: 1.004.010, E: 1.003.150) y (N: 999.500, E: 1.004.550).

**Ocurrencia:** Frecuente.

**Dispersión Estratigráfica:** Se observa desde el conjunto D4 de la Arenisca Dura hasta la parte inferior del conjunto L2 de la Arenisca de Labor.

**Litología:** La estructura aparece siempre en la interface de areniscas de grano fino a grueso con selección variable, y capas arcillosas o lodolitas infrayacentes.

**Clasificación descriptiva:** Estructuras superficiales esferoidales, con ornamentación externa típica de coprolitos; frecuentemente existe superposición de esferas. Están constituidas por arenisca de textura variable, muy porosa por disolución de material fosfático; su diámetro oscila entre 12 y 27 mm.

**Clasificación Etológica:** TEICHERT (in BANDEL, 1967, p. 7) interpreta la estructura como coprolitos y caminos de coprolitos de grandes gusanos, los cuales corresponderían al tipo REPICHNIA. BANDEL también menciona esferas fecales de tal tamaño en los *Polichaetes* actuales.

BANDEL (op. cit., p. 7) describe la estructura en areniscas sin traer mayores detalles.

LÁMINA 19 a.

## 5. Ichnogénero FRAENA Rouault 1850.

*Fraena* sp.

**Ichnofacies:** CRUZIANA.

**Ambiente:** Comunes en depósitos de playa; presentes también en otros ambientes costeros.

**Localidad Tipo:** Arenisca de Labor, conjunto L2, en la Q. La Vieja, al oriente del Colegio Nueva Granada, y en la Q. El Higuierón, al norte del Alto del Cable (N: 1.006.100, E: 1.004.000) y (N: 1.004.540, E: 1.002.830).

**Ocurrencia:** Frecuente a abundante.

**Dispersión Estratigráfica:** Se observa desde el conjunto L2 de la Arenisca de Labor hasta la Arenisca Tierna, en donde no se pudo controlar totalmente su dispersión.

**Litología:** La estructura se asocia a areniscas de grano muy fino o limolitas silíceas, blancas y bien seleccionadas.

**Clasificación descriptiva:** Estructuras superficiales, "bilobadas" constituidas por dos madrigueras apareadas, no bifurcadas, que describen curvas suaves. Relleno homogéneo, seleccionado y equivalente a los sedimentos de la capa huésped, no presenta porosidad anómala. Forma relieves llenos con un diámetro que oscila entre 1.5 y 0.6 cm. Muchas estructuras se encuentran tan deformadas que pueden encontrarse las dos madrigueras soldadas mutuamente.

**Clasificación Etológica:** Sus características hacen pensar en rastros de reptación, *Repichnia*.

GUBLER et al. (1966, p. 151 y 157) citan la estructura en depósitos de granulometría fina, areniscas o limos en general.

#### LÁMINA 19 b.

#### 6. Ichnogénero *LAEVICYCLUS* Quenstedt 1879.

*Laevicyclus* sp.

**Ichnofacies:** Permanece incierta.

**Ambiente:** Ha sido observado en aguas someras próximas a la costa.

**Localidad Tipo:** Formación Arenisca Dura, conjunto D1, por el carretable al Alto del Cable (N: 1.004.030, E: 1.003.250).

**Ocurrencia:** Abundante.

**Dispersión Estratigráfica:** Solamente se observa en el conjunto D1 de la Arenisca Dura.

**Litología:** La estructura aparece en limolitas o areniscas de grano muy fino, limpias, arcillosas a muy arcillosas, frecuentemente laminadas, más o menos bien seleccionadas.

**Clasificación descriptiva:** Estructura intraestratal, no bifurcada, aparentemente recta, relleno homogéneo con la capa huésped; madrigueras verticales que forman relieves llenos con diámetros entre 0.4 y 1.0 cm. Hacia la superficie cada madriguera termina con un anillamiento concéntrico alrededor de la estructura vertical que sirve de eje; el anillado suele presentar estriación longitudinal.

**Clasificación Etológica:** Estructura de habitación *Domichnia*.

FREY & HOWARD (1970, p. 143-145) reportan la estructura en bancos de caliza (Kansas, USA) y en los sedimentos de Fort Hays (Kansas), en donde son muy abundantes asociados a depósitos terrígenos.

#### LÁMINA 20 a.

#### 7. Ichnogénero *PLANOLITES* Nicholson 1873.

*Planolites* sp.

Ichnofacies: Permanece incierta.

Ambiente: Se conocen en sedimentos continentales, pero son abundantes en las partes media e interior de la facies CRUZIANA.

Localidad Tipo: Como sitio de referencia puede tomarse la Formación Arenisca Dura, conjunto D1, en el carreteable al Alto del Cable. Existen capas intensamente bioturbadas en donde, a pesar de no ser determinables estructuras individuales, se atribuye tal estado a una superpoblación especialmente de *Planolites* (N: 1.004.030, E: 1.003.250).

Ocurrencia: Frecuentes y muy abundantes.

Dispersión Estratigráfica: Interrumpidamente aparece en la Arenisca Dura, posiblemente, pero en cantidades pequeñas, en los Plaeners, dudosamente en la Arenisca de Labor.

Litología: La estructura se encuentra bien conservada en limolitas o areniscas de grano muy fino, frecuentemente laminadas como en el conjunto D1, o en lodolitas produciendo intensa bioturbación. Es posible que esté presente en alto porcentaje en arenas de grano medio y fino a muy fino, intensamente bioturbadas, en donde no es posible separar estructuras individuales por observación directa.

Clasificación descriptiva: Estructura intraestratal raras veces bifurcada (bifurcaciones dispuestas al azar), frecuentemente traslapante. Las madrigueras se encuentran curvadas con intensidad variable y pueden existir trazos prácticamente rectos hasta de 60 cm. de longitud. La orientación de la estructura respecto al plano de estratificación es prácticamente fortuita: suelen observarse porciones predominantemente paralelas mientras que en otros lugares parecen penetrarlo casi perpendicularmente. Forma relieves llenos de diámetro oscilante entre 0.8 y 1.5 cm., con predominio de las estructuras de 1.0 cm. de diámetro. El relleno no presenta ninguna ornamentación externa; es homogéneo con los sedimentos de la roca huésped, excepto cuando afecta lodolitas, en cuyo caso suele corresponder a la litología de la roca suprayacente; porosidad variable por disolución de material fosfático.

Clasificación Etológica: FREY (1970, p. 29) clasifica la estructura como un rastro de alimentación = Fodinichnia.

FREY (1970) describe la estructura en sedimentos calcáreos. FREY & HOWARD (1970), en sedimentos calcáreos y detríticos. Esta estructura es también descrita por HANTZSCHEL (1962, p. w210 y fig. 129).

LÁMINA 20 b.

8. Ichnogénero PROTOVIRGULARIA M'Coy 1850.

*Protovirgularia* sp.

Ichnofacies: No determinada.

Ambiente: No determinado.

Localidad Tipo: Formación Arenisca Dura, conjunto D3, por el carretable al Alto del Cable (N: 1.004.030, E: 1.003.200).

Ocurrencia: Frecuente.

Dispersión Estratigráfica: Puede encontrarse en todo el Grupo Guadalupe mediante una observación cuidadosa.

Litología: Se observa en limolitas, lodolitas, arcillolitas o areniscas de grano muy fino y bien seleccionadas.

Clasificación descriptiva: Estructura superficial tipo Epichnia, constituida por una serie de huellas en forma de S muy extendida, con longitud entre 2 y 4 mm., dispuestas sucesivamente para formar verdaderos caminos de huellas. Corresponde a semirrelieves negativos.

Clasificación Etológica: Estructura REPICHNIA.

La estudia HANTZSCHEL (1962, p. w210, fig. 130-2b).

#### LÁMINA 21 a.

#### 9. Ichnogénero RHIZOCORALLIUM Zenker 1836.

*Rhizocorallium* sp.

Ichnofacies: CRUZIANA.

Ambiente: Infralitoral a circalitoral.

Localidad Tipo: Arenisca de Labor, conjunto L3, en la Q. El Higuerón, al norte del Alto del Cable (N: 1.004.540, E: 1.002.830).

Ocurrencia: Frecuentes a abundantes.

Dispersión Estratigráfica: se observa desde el conjunto D3 de la arenisca Dura hasta casi el techo de la Arenisca Tierna, por la carretera Bogotá-Choachí.

Litología: La estructura aparece siempre en lodolitas infrayacentes a limolitas o areniscas de granulometría variable.

Clasificación descriptiva: Estructura superficial en forma de U, tipo "Spreiten", protrusiva, por lo regular más amplia hacia la curvatura frontal. Relleno constituido por arena mal seleccionada o por limo arenoso, muy poroso por disolución de material fosfático. Forma relieves llenos.

Clasificación Etológica: Estructura de alimentación = Fodinichnia. FREY (1971, p. 98) considera la estructura típica de arenas y limos bien seleccionados. SEILACHER (1967, p. 421) la describe como propia de sedimentos finos de ambientes tranquilos.



LÁMINAS 21 b, 3 b, 10, 27 a.

10. Ichnogénero RHYZOPHYCUS Hall 1943?

*Rhyzophycus* sp.

Ichnofacies CRUZIANA.

Ambiente: Se observa en zonas que se encuentran bajo la acción de las olas.

Localidad Tipo: Formación Arenisca Dura, conjunto D1, por el carretable al Alto del Cable (N: 1.004.030, E: 1.003.250).

Ocurrencia: Presente a frecuente.

Dispersión Estratigráfica: Se observó solamente en el conjunto D1 de la Arenisca Dura.

Litología: Se asocia a areniscas limpias de grano muy fino o a limolitas frecuentemente gradadas a lodolitas, y laminadas.

Clasificación descriptiva: Estructura superficial constituida por una sucesión sistemática de espinazos y surcos de morfología suave con un leve anillamiento superficial; los surcos parecen converger hacia una zona común formando conjuntos helicoidales. Cada surco tiene una longitud promedio de 4 cm. con diámetros entre 3 y 6 mm. La estructura es un semirrelieve y se observó solamente el calco o porción tipo Hypichnia.

Clasificación Etológica: Se considera como un rastro de reposo: Cubichnia.

GUBLER (1966, p. 155) considera esta estructura abundante en depósitos de granulometría fina. Su frecuencia en determinado nivel indica un medio de proliferación orgánica oxidante.

LÁMINA 22 a.

11. Ichnogénero SCOLICIA Quatrefages 1849.

*Scolicia* sp.

Ichnofacies: Muy variables.

Ambiente: FREY & HOWARD (1970, p. 154) las consideran propias de diferentes ambientes depositacionales.

Localidad Tipo: Formación Arenisca Dura, conjunto D1, por el carretable al Alto del Cable (N: 1.004.030, E: 1.003.250).

Ocurrencia: Presente.

Dispersión Estratigráfica: Se observan exposiciones aisladas a la base de la Arenisca Dura y en la Arenisca Tierna.

**Litología:** Se asocia a limolitas o areniscas de grano muy fino, frecuentemente muy silíceas.

**Clasificación descriptiva:** Camino constituido por un surco central con anillado incipiente, alrededor del cual se distribuyen numerosas huellas consecutivas, alargadas, en forma de patas de "ciempiés". La estructura es recta, con longitud variable y amplitud entre 2 y 2.5 cm. Corresponde a un semirrelieve.

**Clasificación Etológica:** Rastro de reptación = Repichnia.

FREY & HOWARD (1970) describen la estructura en arenisca cuarzosa, arcillosa, de grano muy fino, pobremente seleccionada, en capas homogéneas o con laminación cruzada.

#### LÁMINA 22 b.

#### 12. Ichnogénero THALASSINOIDES Ehrenberg 1944.

*Thalassinoides* sp.

**Ichnofacies:** No evidente.

**Ambiente:** Poseen una distribución ambiental bastante amplia.

**Localidad Tipo:** Es muy amplia la distribución de los Thalassinoides dentro del Grupo Guadalupe; pueden observarse buenas exposiciones en las interestratificaciones arcillosas de la Arenisca Tierna en el Páramo del Rajadero (N: 997.200, E: 1.013.800), en la Arenisca de Labor, por la Q. El Higuérón (N: 1.004.540, E: 1.002.830), y en la Arenisca Dura, Alto del Cable (N: 1.003.770, E: 1.002.720).

**Ocurrencia:** Abundantes a muy abundantes.

**Dispersión Estratigráfica:** Se observan en todo el Grupo Guadalupe, excepto en la Formación Plaeners.

**Litología:** En la Sabana se encuentran en limolitas y areniscas de grano medio hasta muy fino, de selección por lo regular buena. En la región de Choachí se asocian a lodolitas negras generalmente silíceas.

**Clasificación descriptiva:** Estructuras eminentemente horizontales con ramificaciones frecuentes en "Y" bajo un patrón de distribución en forma de malla. Algunas ramificaciones penetran en las capas con ángulos más o menos fuertes; se observan dos variedades, por lo menos, diferenciables primordialmente por el diámetro de las madrigueras: 0.8 a 5 cm., con predominio de diámetros entre los 3 y 4 cm., los cuales tienen una distribución muy densa; y la segunda variedad con diámetros entre 5 y 12 cm., en cuya distribución forman mallas con orificios de patrón hexagonal casi perfecto. Esta última variedad se observó solamente en la región de Choachí (Areniscas Labor y Tierna) y en la Arenisca de Labor de la Sabana. Relieves llenos con relleno arenoso

de selección, por lo regular mala, poseen intensa porosidad por la disolución de material fosfático, característica muy evidente en las madrigueras más gruesas, donde existen cavidades gigantes. Superficialmente las madrigueras son lisas o poseen una estriación longitudinal más o menos marcada; en sección transversal son elipsoidales, con algunas irregularidades originadas posiblemente por deformación.

Clasificación Etológica: FREY (1971, p. 98) las considera estructuras de habitación = Domichnia. Su asociación en la región de Choachí con lodolitas negras, ricas en materia orgánica y la presencia de abundantes heces en el relleno podría permitirnos pensar también en estructuras de alimentación, Fodinichnia.

Los Thalassinoides han sido estudiados en calizas y rocas detríticas por BROMLEY (1967, p. 157-182), FREY (1970, p. 18-19), FREY & HOWARD (1970, p. 154) y SCHLOZ (1972, p. 186). BROMLEY (1967, p. 172) afirma que, entre otros, los organismos que pueden producir esta estructura son los crustáceos CALLIANASSA.

LÁMINAS 23, 5, 10.

#### ESTRUCTURAS CON NOMBRE INFORMAL

### 13. VERMICLIFOS.

Ichnofacies: No determinada.

Ambiente: No determinado; sin embargo, por encontrarse solamente en la parte media de la Arenisca de Labor y en la Arenisca Tierna, en la Sabana, se le puede asignar un ambiente litoral a infralitoral por su asociación con PLANOLITES, FRAENA, ARENICOLITES, etc.

Localidad Tipo: Abundantes en la parte media y superior del conjunto L2 de la Arenisca de Labor, en la Q. La Vieja, y por la carretera a La Calera (N: 1.004.540, E: 1.002.830) y (N: 1.006.100, E: 1.004.000).

Ocurrencia: Abundantes.

Dispersión Estratigráfica: Conjuntos L2 y L3 de la Arenisca de Labor y en la Arenisca Tierna de la Sabana.

Litología: La estructura se encuentra en areniscas de grano muy fino, bien seleccionadas, o en limolitas silíceas y compactas, blancas a grises claras. Por lo regular estas rocas forman intercalaciones entre estratos de granulometría más gruesa, especialmente en la Arenisca Tierna.

Clasificación descriptiva: Estructuras superficiales imbricadas, localmente muy densas, y similares a espaguetis. Individualmente la estructura se manifiesta como meandros amplios a muy apretados, o superposiciones levemente espiraladas; con frecuencia traslapantes, algunas estructuras aparecen digitadas, con cuatro o más dígitos meandriformes dispuestos en abanico, de espesor relativamente constante.

Forma relieves llenos, sin ornamentación externa y relleno muy compacto, silíceo, no poroso y homogéneo con las limolitas o areniscas asociadas; se encuentra a la base de las mismas, de las cuales se separa cada estructura por una leve capa arcillosa. El diámetro oscila entre 0.3 y 10 cm.

Clasificación Etológica: Su disposición nos habla de rastros de reptación = REPICHNIA, constituidos posiblemente por una sucesión continua de heces fecales (Coprolichnia).

GUBLER et al. (1966, p. 161) reporta estructuras muy similares (Vermiglyphes), con base en las cuales se dio el nombre a las estudiadas acá.

LÁMINAS 24, 10, 15, 19 b.

#### 14. REPICHNIA.

(?) Ichnogénero GORDIA Emmons 1844.

Ichnofacies: No determinada.

Ambiente: Se deduce un ambiente de aguas someras dada su asociación con formas que indican tal ambiente en todo el Guadalupe.

Localidad Tipo: Formación Arenisca Dura, conjunto D1, por el carretable al Alto del Cable (N: 1.004.030, E: 1.003.250).

Ocurrencia: Frecuentes.

Dispersión Estratigráfica: Se observa en todo el Guadalupe de la Sabana, excepto en la Formación Plaeners.

Litología: Se asocia preferencialmente a limolitas y areniscas de grano muy fino, con frecuencia laminadas.

Clasificación descriptiva: Estructuras superficiales cilíndricas y onduladas, largas, delgadas, raras veces bifurcadas, de espesor constante, excepto ligeras ampliaciones hacia las zonas de bifurcación; suavemente curvadas, con aspecto caprichoso o meandriforme, sin obedecer a ningún modelo sistemático. Relieves llenos de relleno homogéneo con las rocas a las cuales se asocian; superficialmente son lisas. El diámetro de las estructuras oscila entre 1 y 3 mm. y su sección transversal es circular.

Clasificación Etológica: La estructura se puede clasificar como un rastro de reptación = Repichnia.

HANTZCHEL (1962, p. w194, Fig. 121) describe una estructura muy similar a la que llama GORDIA.

LÁMINA 25 a.

#### 15. CUBICHNIA.

Ichnofacies: No determinada.

**Ambiente:** Se presume un ambiente litoral a infralitoral dada la asociación con *PLANOLITES*, *ARTHROPHYCUS*, etc.

**Localidad Tipo:** Formación Arenisca Dura, conjunto D1, por el carretable al Alto del Cable (N: 1.004.030, E: 1.003.250).

**Ocurrencia:** Frecuente.

**Dispersión Estratigráfica:** Conjunto D1 de la Arenisca Dura.

**Litología:** Se asocia a limolitas o areniscas de grano muy fino, bien seleccionadas y frecuentemente laminadas.

**Clasificación descriptiva:** Estructura superficial que se observa hacia la base de los estratos formando semirrelieves positivos tipo *Hypichnia*. La estructura tiene apariencia de cuerno con 2.8 a 3.0 cm. de diámetro hacia el extremo más amplio y terminación opuesta en una punta redondeada; es posible que la estructura no esté completa. Superficialmente posee un leve anillado semejante a las costillas de un amonoides. El relleno del semirrelieve posee una laminación tosca que induce separación de capas superficiales a manera de cáscaras.

**Clasificación Etológica:** Sus características permiten pensar en un rastro de reposo = *Cubichnia*.

## LÁMINA 25 b.

### 16. *DOMICHNIA*.

**Ichnofacies:** No determinada.

**Ambiente:** Por su asociación con *ARTHROPHYCUS*, *ARENICOLITES*, etc., se le atribuye un ambiente litoral a infralitoral.

**Localidad Tipo:** Formación Arenisca Dura, conjuntos D1 y D2 (N: 1.004.030, E: 1.003.250).

**Ocurrencia:** Abundante a muy abundante.

**Dispersión Estratigráfica:** Se observa hacia la base de la Arenisca Dura, conjuntos D1, D2 y D3, y en parte de los conjuntos L2 y L3 de la Arenisca de Labor.

**Litología:** Se observa en limolitas o areniscas silíceas de grano muy fino hasta medio.

**Clasificación descriptiva:** Estructuras de relieve lleno que se observan predominantemente hacia la base de los estratos (Tipo *Endichnia*). Predominantemente horizontales, están constituidas por una celda central circular, aplanada por deformación, a partir de la cual se disponen, toscamente radiadas, madrigueras, las cuales comunican con dos o más celdas. El diámetro de las madrigueras oscila entre 2 y 5 cm., con ensanchamientos hacia las celdas, las cuales poseen diámetros entre los 8 y 12 cm. En donde la estructura se encuentra mejor desarrollada existen muchas celdas alineadas y conectadas entre sí por madrigueras.

El relleno es homogéneo con la roca huésped y suele ser muy poroso por disolución de material fosfático. Raras veces existe bifurcación de las madrigueras; superficialmente no se observa ornamentación.

Clasificación Etológica: Corresponde a una estructura de habitación = Domichnia. SEILACHER (in FREY, 1971, p. 99) considera este modelo como una típica estructura de CRIADERO, construida para asegurar una adecuada protección a los descendientes.

LÁMINAS 26, 10, 4 b.

#### 17. FODINICHNIA.

Ichnofacies: CRUZIANA; se encuentra en íntima asociación con RHIZOCORALLIUM.

Ambiente: Infralitoral y circalitoral.

Localidad Tipo: Formación Arenisca Dura, conjunto D3, por el carretable al Alto del Cable (N: 1.004.020, E: 1.003.200).

Ocurrencia: Frecuente a abundante.

Dispersión Estratigráfica: Conjunto D3 de la Arenisca Dura.

Litología: La estructura se asocia a lodolitas amarillas o gris-verdosas, poco compactas.

Clasificación descriptiva: Estructura intraestratal, complicada y desordenada, que revela amplia utilización del terreno. Tiene forma de roscas tangenciales entre sí paralelamente a un eje principal, meandros apretados o espirales, con estructura "spreiten" bien desarrollada, al parecer protrusiva, e íntimamente asociada con Rhizocorallium. El relleno de las madrigueras (relieves llenos) es homogéneo con la litología de la roca suprayacente pero presenta una intensa porosidad por disolución de material fosfático (heces fosfáticas). El diámetro de las madrigueras oscila entre 0.8 y 1.5 cm.

Clasificación Etológica: Es una estructura de alimentación = Fodinichnia.

LÁMINAS 27 a, 3 b.

#### 18. REPICHNIA.

Ichnofacies: No determinada.

Ambiente: Tranquilo; la conservación de estas estructuras, por lo regular muy delicadas y pequeñas, indica la ausencia de corrientes suficientemente fuertes, capaces de destruir las estructuras antes del enterramiento.

Localidad Tipo: Estas estructuras se observan en las capas de granulometría fina del Grupo Guadalupe, por regla general. Como refe-

rencia, sin embargo, pueden tomarse los conjuntos D3 y D7, de la Arenisca Dura por el carretable al Alto del Cable (N: 1.004.020, E: 1.003.200) y (N: 1.004.030, E: 1.003.250).

Ocurrencia: Abundantes a muy abundantes.

Litología: Estas estructuras se asocian invariablemente a lodolitas, limolitas y areniscas de grano fino a muy fino.

Clasificación descriptiva: Huellas, caminos de huellas, esferillas fecales y caminos de esferillas fecales.

Clasificación Etológica: Estructuras de reptación = Repichnia.

LÁMINAS 27 b, 28 a.

Hacia la parte media del conjunto L2 de la Arenisca de Labor, en la Q. La Vieja se encontró una huella que se considera de animal terrestre semipalmeado (ave o reptil pequeño), en la cual se observan 5 dedos o bifurcaciones, algunas con ornamentación transversal a manera de anillos que podrían corresponder a pliegues digitales del organismo. La presencia de esta huella sugiere un ambiente muy somero o subaéreo, y más que todo tranquilo para permitir su conservación.

La estructura observada corresponde a un molde tipo hypichnia en la base de una arenisca silicea muy compacta, de grano fino a muy fino que suprayace a una lodolita en la cual se originó la huella propiamente dicha. La estructura mide 3 cm. de longitud, 1.5 cm. de amplitud y 0.3 cm. de diámetro de cada dedo.

LÁMINA 28 b.

Las estructuras con nombres informales no permitieron una clasificación más precisa debido principalmente a la escasa bibliografía disponible sobre estos temas. Una determinación más exacta podrá ser motivo de trabajos posteriores.

## ANEXO II

### FAUNA COLECTADA EN LA ARENISCA DE LABOR

Esta fauna se encuentra archivada en el Museo de INGEOMINAS (muestra SP 9, Caja No. 15), con copia del estudio en la Sección de Estratigrafía del mismo Instituto.

## GLOSARIO

### SIGNIFICADO DE ALGUNOS TERMINOS UTILIZADOS EN EL PRESENTE TRABAJO

- Bioturbación:** Destrucción de las características físicas originales de una roca por actividad de organismos.
- Coprolichnia:** Nombre informal atribuido a estructuras biogénicas constituidas por coprolitos dispuestos ordenadamente o al azar (modificado de MACSOTAY, 1967).
- Cubichnia:** (Rastros de reposo, "resting traces") Rastros producidos por temporal asentamiento o perforación de los organismos.
- Domichnia:** (Estructuras de habitación, "dwelling structures") Madrigueras o tubos de habitación de organismos hemisésiles, la mayoría de los cuales se alimentan de material en suspensión.
- Endichnia:** Relieve lleno dentro de capa activa para producir estructuras por carga.
- Epichnia:** Semi-relieve de estructuras biogénicas primarias (huellas, caminos de huellas, dragados, etc.) que se forman sobre la superficie del sustrato.
- Exichnia:** Relieve lleno dentro de capas pasivas ante la deformación por carga.
- Fodinichnia:** (Estructuras de alimentación, "feeding structures") Madrigueras más o menos temporales construidas por organismos límfagos, las cuales a su vez les proporcionan asilo.
- "Hard-Ground":** Costra ferruginosa parda que se observa en el techo de algunas capas, principalmente de las pelíticas. La superficie superior es muy definida, de aspecto afanítico, ligeramente pulimentada, algo brillante y con frecuentes combaduras; localmente puede presentar finas risaduras. El contacto inferior es muy transicional y grada hasta la roca fresca. A los óxidos de Fe suelen asociarse dendritas de óxidos de Mn. Estas estructuras indican generalmente exposición subaérea o una muy fina cubierta de agua.
- Hypichnia:** (Semi-relieve) Contraparte de las estructuras biogénicas epichnia que se forma a la base de las capas activas en la formación de estructuras por carga.
- Ichnofacies Cruziana:** Asociación de ichnoformas correspondientes a organismos que construyen madrigueras fodinichnia o repichnia en sedimentos ricos en materia orgánica (aguas tranquilas). Ambiente infralitoral a circalitoral.



- Ichnofacies Skolitos***: Asociación de icnoformas construidas por organismos que habitan ambientes litorales en donde la erosión y la sedimentación son factores críticos. Construyen estructuras domichnia.
- Ichnofósil***: Estructura biogénica fósil, individual y perfectamente distinguible, relacionada con toda o parte de la morfología del organismo productor.
- Relieve lleno***: Estructura biogénica totalmente contenida dentro de una capa huésped.
- Repichnia***: (Rastro de reptación, "crawling traces") Caminos de huellas, caminos por arado o dragado, o madrigueras horizontales someras de organismos que se movilizan de un sitio a otro.
- Semi-relieve***: Estructura biogénica que se forma en las superficies de contacto litológico (huellas, caminos de huellas, dragado, etc.). Puede observarse la estructura original y su contraparte o molde.
- "Spreiten"**: Estructura extendida. Se refiere a una especie de puente de espesor limitado que une relieves llenos y paralelos en una estructura biogénica individual curvada. Ej. *Rhizocorallium*.

# CUADRO No. 1

## NOMENCLATURA ESTRATIGRAFICA DEL GUADALUPE

SEGUN DIFERENTES AUTORES

HETTNER 1892	STUTZER 1926	HUBACH 1931	HUBACH 1933	HUBACH 1957	BURGL 1959	C. S. P. G. G. 1961	UJUETA 1961	JULIVERT 1962, A, B; 1963, B; 1968	RENZONI 1962; 1968	McLAUGHLIN & ARCE 1969	PEREZ & SALAZAR 1973
PISO DEL GUADUAS	F. GUADUAS	PISO DEL GUADUAS	GUADUAS	GUADUAS	GUADUAS	GUADUAS	GUADUAS	GUADUAS	GUADUAS	GUADUAS	GUADUAS
PISO DEL GUADALUPE	F. GUADALUPE	PISO DEL GUADALUPE	GUADALUPE SUPERIOR	PISO DEL GUADALUPE	GUADALUPE SUPERIOR	FORMACION GUADALUPE	GUADALUPE SUPERIOR	FORMACION GUADALUPE SUPERIOR	GRUPO GUADALUPE	FORMACION GUADALUPE SUPERIOR	GRUPO GUADALUPE
		GUADALUPE INFERIOR	F. GUADALUPE SUPERIOR	FORMACION GUADALUPE	GUADALUPE SUPERIOR	FORMACION GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	FORMACION GUADALUPE SUPERIOR	GRUPO GUADALUPE	FORMACION GUADALUPE SUPERIOR	GRUPO GUADALUPE
		A. TIERNA	A. TIERNA	A. TIERNA	A. TIERNA	TIERNA MEMBER	A. TIERNA	A. TIERNA	FORMACION LABOR Y TIERNA	A. TIERNA	FORMACION TIERNA
		PLAENERS	PLAENERS	A. DE LABOR Y PLAENERS	PLAENERS SUPERIORES	UPPER PLAENERS	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	FORMACION LABOR Y TIERNA	ARENISCA DE LABOR	FORMACION ARENISCA DE LABOR
		ARENISCAS DURAS	ARENISCAS DURAS	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	DURA MEMBER	PLAENERS	PLAENERS	FORMACION PLAENERS	PLAENERS	FORMACION PLAENERS
				ARENISCA DURA	PLAENERS Y ARCILLAS	LOWER PLAENERS	ARENISCA DURA	MIEMBRO RAIZAL (ARENISCA DURA)	FORMACION ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	FORMACION ARENISCA DURA
					PLAENERS Y ARENISCAS	RAIZAL MEMBER					
					PRIMERA LIDITA						
					ARENISCA NO DENOMINADA	VILLETA	FORMACION GUADALUPE INFERIOR	VILLETA	F. CHIPAQUE (VILLETA)	FORMACION GUADALUPE INFERIOR	VILLETA
					PLAENERS Y ARENISCAS						
					SEGUNDA LIDITA						
PISO DEL VILLETA	FORMACION VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA		VILLETA				





